

University of Groningen

Vormgegeven door ijs, water en wind

Bregman, Enno; Maas, Gilbert; Makaske, Bart; Meijles, Erik

Published in:
Landschapsbiografie van de Drentsche Aa

IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

Publication date:
2015

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

Citation for published version (APA):

Bregman, E., Maas, G., Makaske, B., & Meijles, E. (2015). Vormgegeven door ijs, water en wind: de opbouw van het landschap. In T. Spek, H. Elerie, J. Bakker, & I. Noordhoff (editors), *Landschapsbiografie van de Drentsche Aa* (blz. 18-53). Koninklijke Van Gorcum.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.



Hoofdstuk 1

Enno Bregman, Gilbert Maas, Bart Makaske en Erik Meijles

Vormgegeven door ijs, water en wind



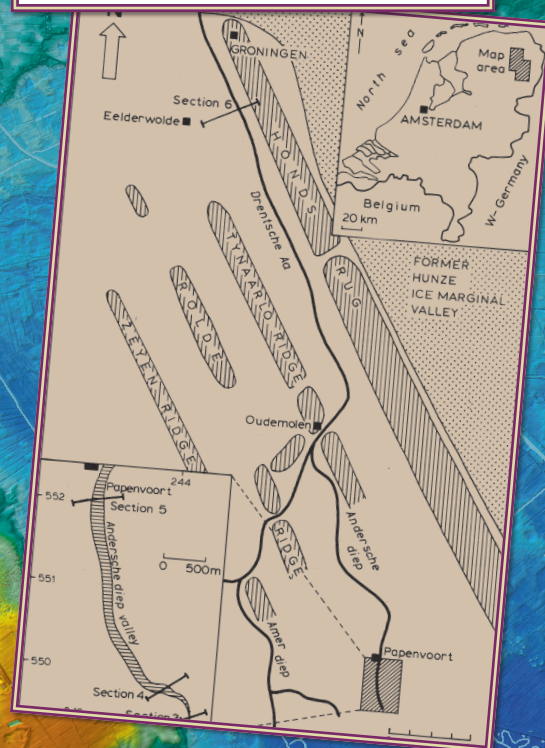
De opbouw van het landschap

De geologische processen diep onder onze voeten zijn veel dynamischer en beïnvloeden onze huidige wereld veel sterker dan we tot voor kort wisten. In dit hoofdstuk schetsen we de opbouw van de aardkorst en de dynamiek van de ijstijden die het skelet van het huidige landschap creëerden. Nieuwe inzichten helpen om te begrijpen waarom duizenden jaren geleden mensen op de ene plek wél en op de andere níet gingen wonen. En ze verklaren mede waarom de hedendaagse natuurbeheerders soms succesvol zijn, maar soms ook niet.

Het aardkundige landschap

Ruggen in beeld

Op deze hoogtekarte zijn de ruggen in het landschap benadrukt. De grootste rug (oranje) rechts is de Hondsrug. Bij Noordlaren ter hoogte van de Besloten venen is de rug doorbroken en ook helemaal onderaan in het zuiden bij Borger zit een doorbraak. Duidelijk zichtbaar is dat de Drentsche Aa zowel de Rug van Tynaarlo als die van Rolde doorsnijdt. Op de inzet de ruggen zoals die in 1981 door De Gans schematisch zijn weergegeven.



Wie het heeft over het Drentsche Aa-gebied, komt al snel op het bijzondere landschap, de beken, de afwisseling van kleine landbouwgebieden en de grote verscheidenheid in de plantengroei. Misschien gaat het gesprek wel over het zo fraai vertakte stroomdallandschap waarin de loopjes en diepen hun naam ontleenen aan het dorp waar het water langs stroomt. En mogelijk benoemt iemand de Hondsrug en de Rolderrug die evenwijdig aan elkaar lopen en die daarmee zo'n sterke tekening geven aan het gebied. We weten al heel lang dat de ruggen in Friesland of Zuidwest-Drenthe net een andere oriëntatie hebben. Dat verschil kunnen we goed zien op oude topografische kaarten, zoals die van Gerard Mercator uit 1585.

Maar hoe komt dat nu? Dit hoofdstuk gaat over hoe het landschap van nu is ontstaan. In de geologische processen ligt namelijk de sleutel om te snappen waar de verschillen in aardlagen en grondsoorten vandaan komen én hoe het mechanisme werkt dat het grondwater laat stromen. Vanuit het verhaal over de diepere ondergrond kunnen we verklaren waarom op de ene plek wel en elders veel minder grondwater omhoog welt. Ook krijgen we zicht op de natuurlijke rijkdommen, zoals gas en zand, en waarom die lokaal dichter bij het oppervlak liggen, zodat de mens die kan exploiteren. De geologische processen van vroeger en nu vormden het landschap en laten tot op de dag van vandaag hun invloed gelden.

Gas uit het Carboon

Van 345 tot 280 miljoen jaar geleden

Het levensverhaal van de Drentsche Aa begint als een sprookje: héél erg lang geleden was Nederland nog onderdeel van een tropisch warme zee. Toen de zee zich terugtrok kwam het Drentsche Aa-gebied 'boven water'. Dit is echter geen sprookjesboek, maar een boek met geverifieerde feiten. Dus begint deze biografie wat preciezer: in het Onder Carboon (345 miljoen jaar geleden) lag het huidige Drentsche Aa-gebied in een ondiepe tropische zee. Geleidelijk daalde de zeespiegel en nam de invloed van de zee af, waardoor Nederland – en dus ook het Drentsche Aa-gebied – langzamerhand veranderde in een zeer uitgestrekt tropisch laaglandmoeras. Nederland lag in die tijd ongeveer op de evenaar en maakte deel uit van het continent Laurazië. Het klimaat was vochtig en warm en daarom begon er al heel snel op dat nieuwe 'land' een weelderige vegetatie te groeien. Afgestorven plantenresten kwamen in de natte moerasbossen meestal onder water te liggen waar ze door een gebrek aan zuurstof niet of nauwelijks werden afgebroken. En zo ontstonden dikke pakketten veen, die door verdere opstapeling van nieuwe veenlagen steeds verder werden samengedrukt.¹

Deze eerste verschijningsvorm van de Drentsche Aa lijkt ver van ons bed. Maar soms komt die natte warme wereld toch even behoorlijk dichtbij. Ook toen speelde namelijk

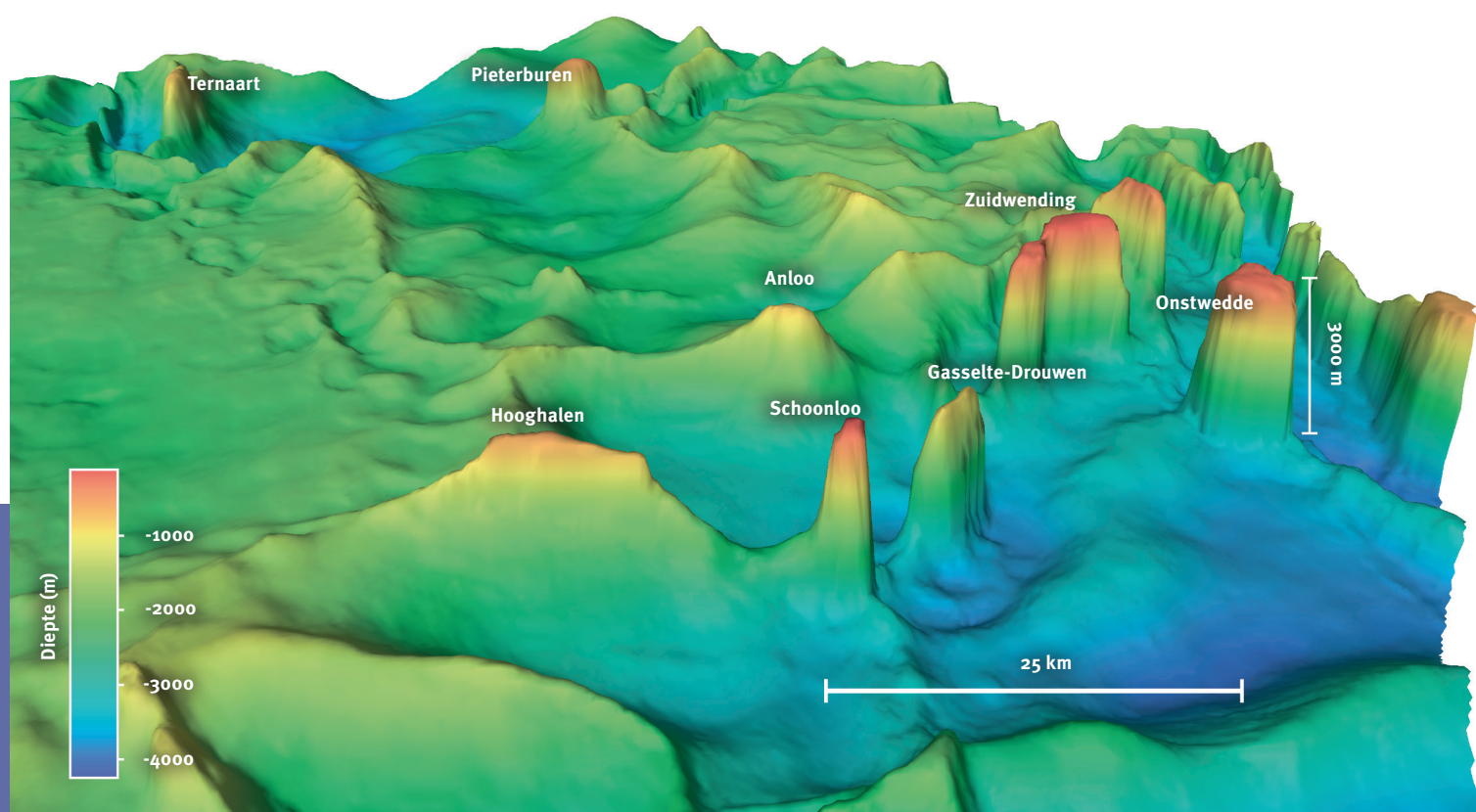
het broeikaseffect al een belangrijke rol. De uitbundige plantengroei nam veel CO₂ uit de atmosfeer op en legde dat als koolstof vast in organische sedimenten. Er werd zoveel CO₂ vastgelegd, dat wereldwijd het klimaat afkoelde. En dat is precies hetzelfde effect als nu: wij planten bomen om te proberen de opwarming van de aarde tegen te gaan.

Terug naar 'ooit': in het moerasbos was de invloed van de zee niet helemaal verdwenen. Af en toe spoelde het zeewater over het laaglandmoeras, trok zich weer terug, en liet een laagje klei achter. Na zo'n fase herstelde de moerasvegetatie zich weer. Dat ging zo miljoenen jaren door. Steeds weer stapelde zich een nieuw laagje sediment op de vorige. Het veen raakte letterlijk begraven onder nieuwe sedimenten. De druk werd steeds groter en het veen kwam steeds dieper te liggen. Ook de temperatuur nam toe – zelfs dusdanig dat het veen omgezet werd in bruinkool en uiteindelijk in steenkool. Omdat deze steenkool in Limburg dicht onder het oppervlak ligt, spreken geologen over steenkool uit de Limburg Groep. In de 20^e eeuw zijn we die steenkool gaan winnen door het vanuit mijnen tussen de kleilagen uit te halen. Ook in Noord-Nederland ligt zo'n steenkoollaag, maar door ongelijke beweging van de aardkorst bevindt deze laag zich meer dan drie kilometer onder het oppervlak. Dat is te diep om nog te winnen. Maar het gas dat eruit voortkwam is wél winbaar.

Door de druk en de hoge temperatuur is de steenkool vroeger als het ware gekraakt. Uiteindelijk ontstond bij temperaturen van meer dan 120° het product dat we sinds de jaren zestig van de vorige eeuw allemaal kennen in Nederland: aardgas. Dit gas ontweek uit het moedergesteente en verplaatste zich naar boven. In Drenthe en Groningen kwam dat in de poriën van het bovenliggende zandsteen uit het Perm terecht. Deze zandsteen vormt dus het reservoirgesteente. Door een afdekkende laag zout kon het niet verder stijgen en bleef het ingesloten. Hoe het zand en zout daar terecht kwamen, bespreken we hierna. Door deze unieke combinatie van steenkool, afgedekt met zandsteen en vervolgens zout, zit er tot op de dag van vandaag aardgas in de Noord-Nederlandse ondergrond, dus ook onder het Drentsche Aa-gebied. Aan de oppervlakte zien we daar weinig van, op een beperkt aantal winputten in het landschap na. Maar deze zijn vaak 'netjes' aan het oog onttrokken door een randje struikgewas.



Kaart uit 1585 van Gerard Mercator. De ruggen in het Drentse landschap zijn herkenbaar aan de rijen bomen.



De zoutkoepels in de ondergrond als op een driedimensionale weergave. De kleur geeft aan hoe dicht het zout onder het oppervlak ligt: hoe roder des te dicht onder het maaiveld. De koepel bij Schoonloo ligt 120 meter onder het maaiveld, die van Anloo 550 meter.

Zand en zout uit het Perm

Van 280 tot 225 miljoen jaar geleden

We vervolgen het levensverhaal van de Drentsche Aa naar het Perm – tussen de 280 en 225 miljoen jaar geleden. Dat is een periode waarin delen van de aardkorst heel sterk van plaats veranderden, Europa langzaam maar zeker zijn huidige vorm kreeg en het na een koude periode steeds warmer werd. Aan het begin van het Perm zag de wereld er heel anders uit dan nu. De toenmalige continenten schoven samen tot één groot continent, Pangaea genaamd. Door deze mondiale verandering in de verdeling van land en water in het Midden-Perm veranderde het klimaat. Het grote landoppervlak zorgde voor een extreme variatie aan klimaatcondities omdat vochtige zeewinden het binnenste van het continent niet meer konden bereiken. Op het supercontinent werd het extreem warm en droog. Dat leidde tot opwarming van de aarde en had als gevolg dat ijskappen smolten. Het zee-water warmde op tot rond de 40° en ook op het land was het warm.² De hitte zorgde ervoor dat ook in ons land (net als tegenwoordig in gebieden met halfwoestijnen zoals de Gobiwoestijn) de verdamping groter was dan de neerslag en het zand rood kleurde. In de diepe ondergrond van het Drentsche Aa-gebied zien we dat terug: uit die periode treffen we roodgekleurd zandsteen aan dat geologen het Rotliegendes noemen.

Het landschap van de Gobiwoestijn

Nederland lag in het Perm op 10° Noorderbreedte geïsoleerd en ver verwijderd van zee, net als nu de Gobiwoestijn omgeven is door opgeheven land.³ We kennen dat beeld ook van de Sahara in Noord-Afrika, met playa's en wadi's. Het landschap was beurtelings onderhevig aan de krachten van wind en water en bij neerslag eindigden rivieren in de woestijn – die tijdelijk veranderde in een meer. Onder de warme en droge weersomstandigheden van toen raakte Noord-Nederland bedekt onder een laag zand. Dat zand lag op de resten van het uitgestrekte tropische moeras dat in het Boven-Carboon was ontstaan. Hier en daar ontstond een woestijnachtige omgeving waarin de wind woestijnduinen vormde. Van tijd tot tijd stortten rivieren massa's (regen) water uit over Nederland. Met dat water stroomden grind en zand mee uit het gebergte dat toen ten zuiden van Nederland lag. In de woestijnvlakte vond het water geen uitweg, waardoor de vlakte (die nu Nederland heet) zich tijdelijk vulde met water (playa's). Na zo'n natte periode konden die rivierbeddingen weer lange tijd droog staan.⁴

Een deksel van zout

De basis van het gas dat Nederland zoveel welvaart heeft gebracht, is dus gevormd door de weelderige plantengroei in het Carboon. Onder het gewicht van de latere Perm-zanden zijn die plantenresten samengedrukt en is gas ontstaan. Het vrijkomende gas vult de poriën van de Rotliegendes zanden, maar is daarin opgesloten door de bovenliggende zoutlagen. Dat maakt dat het Nederlandse aardgas zo lang in de ondergrond opgeslagen bleef.

De zoutafzettingen uit het Perm zijn om een aantal redenen van belang voor de geschiedenis van de Drentsche Aa. Om te beginnen laten deze zoutlagen geen water door en ook gas kan er niet doorheen. Maar zout, en dan vooral steenzout (wat ook wel Haliet wordt genoemd) heeft nog een bijzondere eigenschap en die is in dit geval helemaal van groot belang: zout is onder druk vervormbaar (plastisch). Steenzout is ook licht; lichter dan het gesteente wat er bovenop ligt. Die twee eigenschappen maken dat zout zich naar boven dringt zodra dat kan.

Zo zijn op talrijke plaatsen in het Noordzeegebied, in Noord-Nederland en Noord-Duitsland zoutkoepels ontstaan. En boven breuklijnen in de aardkorst zijn zelfs enorme ondergrondse zoutmuren van tientallen kilometers lang gevormd. Soms tot relatief dicht aan het aardoppervlak, zoals bij Schoonloo waar de top van de zoutkoepel slechts 120 meter onder het maaiveld ligt. Ook bij Anloo zit een zoutkoepel, maar daarvan ligt de top veel dieper, namelijk op 550 meter onder het huidige aardoppervlak. Door het omhoogkomende zout zijn jongere aardlagen omhoog gedrukt en scheef komen te liggen. Zo raakten gas en olie ingesloten onder de ondoorlaatbare zoutlaag. En daarom wordt gas juist in de buurt van zoutruggen en zoutkoepels gewonnen, zoals bij Hooghalen.

De naar boven gedrukte aardlagen maken het Drentsche Aa-gebied bijzonder: soms liggen er hele oude lagen aan of dichtbij het aardoppervlak – zoals de scherpe zanden die gewonnen worden om als metselzand in de bouw dienst te doen. De omhoog gekomen zoutlagen zijn voor de Drentsche Aa vooral heel bepalend omdat ze de grondwaterstroming sturen: op het hoogste punt van de zoutkoepels en zoutrug ligt de hoofdwaterscheiding van Drenthe. Het water stroomt aan de ene kant van de zoutformaties naar het noorden, aan de andere kant gaat het zuidwaarts. We hebben hier dus de bovengrens van het stroomgebied van de Drentsche Aa te pakken: die strekt zich uit van Hooghalen via Schoonloo in de richting van Gasselte – precies op de zoutrug van Hooghalen en bij de zoutkoepels van Schoonloo en Gasselte ligt de scheiding.

Bodembewegingen in het Tertiair

Van 65 tot 2,6 miljoen jaar geleden

We maken nu een grote sprong in de tijd. Noordwest-Europa kreeg in het Tertiair meer en meer de vorm die we vandaag de dag kennen. Het was een tijd waarin het Afrikaanse continent langzaam noordwaarts richting Europa bewoog en de tussengelegen Tethys-oceaan dichtschoof. Van tijd tot tijd oefende het Afrikaanse continent sterke druk uit op het Europese continent. Daardoor schoof Europa langzaam op naar het Noorden, kwamen gebieden omhoog en daalden andere weer, soms met tussenpozen.⁹ De Alpen en de Karpaten zijn onder meer uit deze botsing ontstaan. Door de enorme druk die beide continentale platen op elkaar uitoefenden zijn noordelijk van de Alpen gebieden omhoog gekomen, zoals de Harz. Andere gebieden zijn gedaald. Heel markant is de Bovenrijn-dalvlakte tussen Duitsland en Frankrijk. De Rijndalvlakte markeert een lange breukzone, die doorloopt tot ver in de Noordzee. Langs deze breukzone hebben flinke dalingen plaatsgevonden. Het Zwarte Woud en de Vogezen raakten als gevolg hiervan van elkaar gescheiden. Voor de geologische geschiedenis van ons land is dalingsgebied tot op de dag van vandaag van belang. Dit

Noordzeebekken werd meer en meer opgevuld door een groot riviersysteem, Eridanos genaamd, dat uit het Baltische gebied stroomde.

Eridanos

Het stroomgebied van Eridanos besloeg een groot gebied: Zweeds Lapland, de Botnische Golf, Noordwest-Rusland tot aan de Witte Zee en het Oostzeegebied. Het stroomgebied was dus veel groter dan dat van de huidige Rijn en Maas samen; het is eerder vergelijkbaar met de huidige Amazone.¹⁰ Bijna aan het eind van het Tertiair, in het Mioceen (van 25 tot 5 miljoen jaar geleden) lag de monding van Eridanos aanvankelijk noordelijk van Danzig. Maar de rivierdelta breidde zich langzaam in westelijke richting uit en vulde het Noordzeegebied. In de loop van het Pliocene was de delta uitgegroeid tot het Noordzeegebied. Noord-Nederland maakte in het Laat-Pliocene nog deel uit van een ondiep randgedeelte van de Noordzee, waarin Eridanos fijnkorrelige witte kwartszanden afzette. De Eridanos bereikte zijn maximale omvang ongeveer een miljoen jaar geleden. De monding lag toen aan de oostkust van Engeland. De Theems, Rijn, Schelde, Wezer en oer-Elbe waren zijrivieren. In het Vroeg-Pleistoceen maakten Noord- en Midden-Nederland dus deel uit van de enorme delta van deze rivier.¹¹ Onder invloed van klimaatontwikkelingen zette Eridanos toen enorme hoeveelheden sterk verweerd, grof kwartszand met kwartsgrind af. Hierdoor kon onze kustlijn opschuiven – een flink eind westwaarts de Noordzee in.

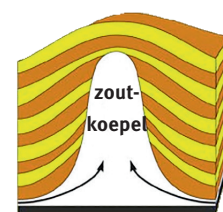
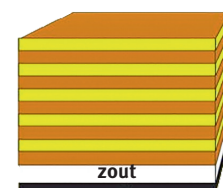
Circa 700.000 jaar geleden maakte het opdringende Scandinavische landijs voorgoed een einde aan het enorme riviersysteem Eridanos. Het ijs gebruikte de bedding van de rivier om naar het zuiden op te schuiven en ruimde daarbij de hele rivierbedding uit. De oorspronkelijke bedding kan nog steeds herkend worden in de contouren van de huidige Botnische Golf, de Finse Golf en de Oostzee.

We kunnen zonder overdrijving stellen dat het fundament van Noord- en Midden-Nederland gevormd is door afzettingen van Eridanos. Na het verdwijnen van Eridanos hebben rivieren als Wezer en oer-Elbe (in feite de Saale) nog pakketten grof, grindhoudend zand in onze contreien afgezet, vermengd met omgewerkt materiaal van Eridanos. Nog weer later, in een afwisselend warme en koude periode tussen 850 tot 465 duizend jaar geleden (het Cromerien) stroomde de Rijn door onze streken. De Rijn voerde toen nauwelijks eigen zand mee, wel kleine vulkanische mineraalpartikels uit de Duitse Eifel.

Aardkorst in beweging

In de vorige paragraaf is het beeld geschetst hoe ook Noord-Nederland langzaam maar zeker veranderd is in een kustgebied. Toch herkennen we in het Drentse landschap niet het beeld wat daarbij hoort: een relatief vlak gebied. Dat komt omdat de aardkorst voortdurend in beweging is. Perioden met bodemdaling wisselen af met periodes van stilstand of opheffing. Dat heeft te maken met bewegingen van de aardkorst en daarin spelen de zoutafzettingen in de ondergrond een grote rol. Omdat deze bewegingen belangrijk zijn voor het stroomgebied van de Drentsche Aa, gaan we daar dieper op in.

Door het omhoogkomende zout zijn de aardlagen scheef komen te liggen. Zo raakten olie en gas ingesloten. Daarom winnen we het vooral bij zoutkoepels in de buurt.



Klimaatveranderingen op geologische schaal

Door Enno Bregman

Klimaatverandering is eigenlijk zo oud als de wereld. Het klimaat hangt zeer nauw samen met de luchtcirculatie op aarde en die is weer sterk gerelateerd aan de instraling van de zon. Het is volkomen terecht dat handboeken over de aardkundige geschiedenis van de aarde ruim aandacht besteden aan dit onderwerp, want kleine veranderingen in temperatuur of neerslagpatronen hebben grote gevolgen. De verdeling van land en zee beïnvloedt de luchtcirculatie. Zodra daarin iets verandert, heeft dat effect op het klimaat. Op geologische tijdschaal kan het klimaat bijvoorbeeld veranderen als continenten ten opzichte van elkaar en oceanen verschuiven. Dat hebben we gezien in de klimaatveranderingen die optraden bij de overgang van het Carboon naar het Perm.

Omdat de zon een zeer belangrijke rol speelt in de sturing van het klimaat, is de positie van de aarde ten opzichte van de zon ook essentieel. Deze positie is echter niet stabiel: de baan van de aarde, de stand van de aardas en het schommelen van de as variëren een klein beetje. Dit worden de Milankovitch cycli genoemd, naar de Tsjechische wetenschapper Milutin Milankovitch (1879-1958) die dit aan het begin van de 20^e eeuw ontdekte.⁵ De instraling van de zon varieert dus, met als gevolg variaties in het klimaat. Deze cycli hebben een belangrijke rol in het optreden van ijstijden gedurende de laatste 2,6 miljoen jaar.

Klimaatverandering zorgt voor nu eens warmere dan weer koudere perioden met soms méér en dan weer minder neerslag. We hebben natuurlijk geen meetgegevens over de klimaatveranderingen in die 2,6 miljoen jaar. Gelukkig is veel kennis af te leiden uit de opbouw van de bodem. Verschillen in bodemopbouw zeggen heel veel over heersende klimaatomstandigheden en bijbehorende landschapsvormende processen.

Uit recent onderzoek weten we dat ook zonneactiviteit (zichtbaar als een variatie in zonnevlekken) een belangrijke invloed heeft op het circulatiesysteem van de aarde. Die zijn er bijvoorbeeld de oorzaak van dat er in onze geologische periode drogere en nattere episodes zijn. En dat heeft weer gevolgen voor het tempo waarmee in het recente verleden veen is gevormd. Rond 1870 eindigde er een koudere periode die we wel aanduiden als 'kleine ijstijd' en waarvan de gevolgen voor onze voor-voorouders ingrijpend waren. Ook dat is terug te zien in de bodem.⁶ De opmerkelijke overgang van zwartveen naar witveen die soms in hoogveenprofielen zichtbaar is, hangt bijvoorbeeld direct samen met een klimaatverandering.⁷ Wie een voorbeeld van klimaatverandering in de bodem met eigen ogen wil aanschouwen kan terecht bij het aardkundig monument Stobbenven bij Roderwolde. Daar is een oerbos verdronken door oprukkende vernatting en veenvorming.⁸

Stobbenven, het aardkundig monument in Roderwolde. Dit zijn de resten van een oerbos (dennen, berken en eiken) dat is verdronken door dat het klimaat tussen 10.000 en 7.000 jaar geleden veel natter was.

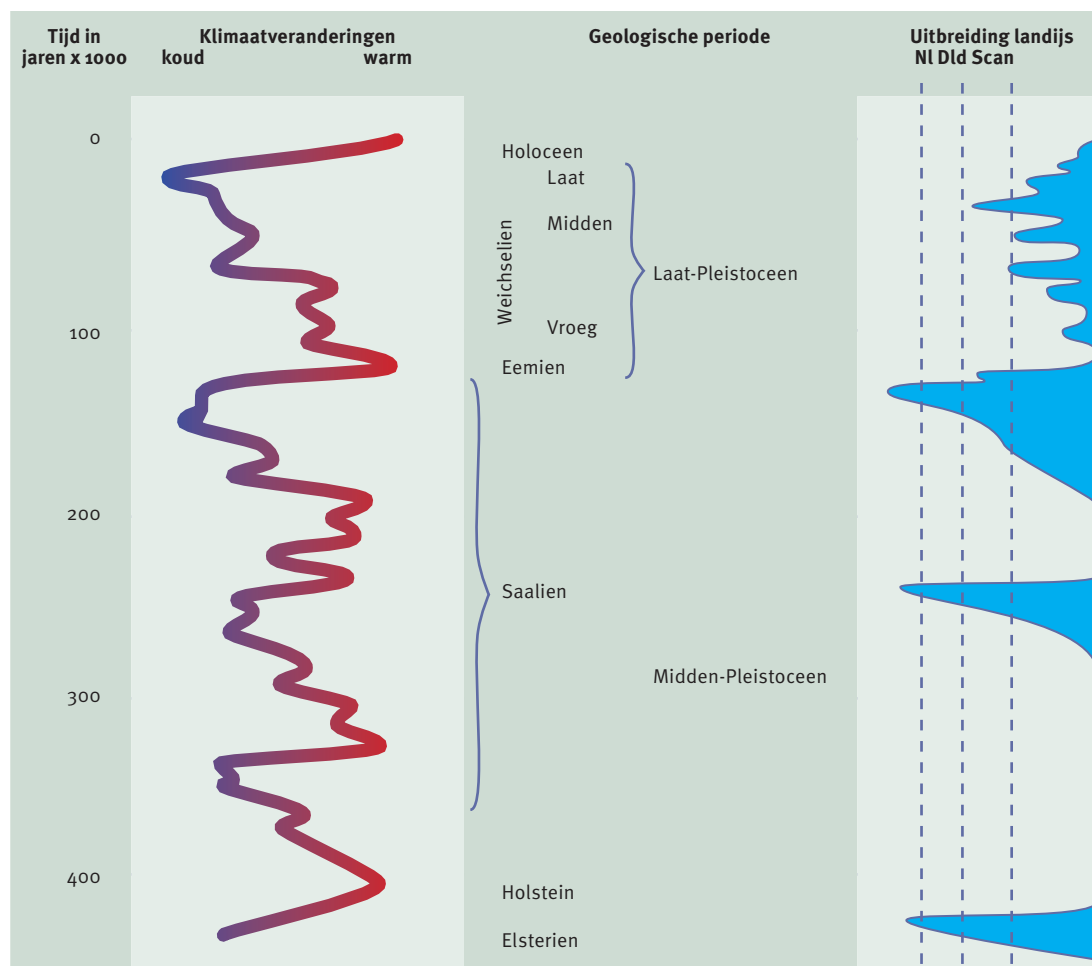
Vanaf zo'n 10 – 5 miljoen jaar geleden (Midden- en Laat-Mioceen) zijn de zoutkoepels in Drenthe aan het stijgen – en ook nu nog gaat dat door. De stijgsnelheid verschilt per zoutkoepel en per periode maar als vuistregel houden we aan dat de zoutkoepels per eeuw maximaal een centimeter naar boven komen.¹² Dat lijkt niet veel, maar dat komt door de tijdschaal: in 1 miljoen jaar hebben we het over een stijging van 100 meter. Dat is een enorme berg en het betekent heel wat materiaalverplaatsingen. Bovendien is er één zoutkoepel, die van Schoonloo, die veel sneller naar boven komt: deze koepel is de laatste 400.000 jaar ruim honderd meter gestegen. Dat is 2,5 keer zo snel als de andere zoutkoepels! We zien die enorme bewegingen terug in de geologische lagen in de ondergrond: de oorspronkelijk horizontaal afgezette zoutlagen vormen nu in de ondergrond een landschap van koepels en dalen. Geologen hebben voor de hoogteverschillen ten gevolge van zoutbewegingen een woord: halokinese. Halokinese heeft te maken met de hiervoor al beschreven eigenschappen van steenzout (onder druk is zout vervormbaar én het is lichter dan omliggend gesteente).

In deze paragraaf kijken we vooral naar de bodembewegingen. Het laat zich voorstellen dat de omgeving van die zoutkoepels sterk in beroering is gebracht. Waar zoutlagen omhoog komen, wordt ander materiaal opzij of naar boven gedrukt en waar zout wegvloeit, daalt het bovenliggende pakket. Soms vult de natuur die zogenaamde depletiegebieden zelf weer op terwijl in gebieden die omhoog gedrukt worden, oudere aardlagen weer aan- of dichtbij het aardoppervlak terecht kunnen komen. Zo is een ondergronds landschap ontstaan van scheve en soms door elkaar liggende lagen. Niet alleen halokinese veroorzaakt overigens ongelijkmatige bodembewegingen, ook het tektonische Noordzeebekken en de uitlopers daarvan dalen niet gelijkmatig. Bovendien worden verschillende gesteenten anders samengedrukt en ook dat leidt tot vervormingen.¹³ In die schuivende en bewegende aardkorst is als het ware het skelet van het landschap gevormd. Dat wordt duidelijk als we de huidige topografie van Drenthe bestuderen.

De hoofdwaterscheiding in Drenthe ligt op de zoutrug van Hooghalen en volgt dan de lijn naar de zoutkoepels van Schoonloo en Gasselte/Drouwen. Aan weerszijde van de waterscheiding ligt een ander beekdal: in het zuiden het beekdal van de Dwingelderstroom en noordwaarts begint het Drentsche Aa-gebied, met als markant gegeven daarin de zoutkoepel van Anloo. Later zullen we zien dat voor het ontstaan van het huidige landschap van de Drentsche Aa en voor het hele watersysteem de zoutondergrond een heel belangrijke rol gespeeld heeft en dat nog steeds doet.

Metselzand

De hoogtekkaart van het Drentsche Aa-gebied is een soort gatenkaart. Op de vele ronde laagtes – de veentjes – komen we later terug. Hier willen we het hebben over de forse hoekige diepe gaten waarin je de mensenhand herkent: zand- of turf gaten. De turfwinningen zijn gestopt nadat we onze woonhuizen met aardgas zijn gaan verwarmen, maar er wordt op flink wat plaatsen nog wel zand gewonnen. Dit wordt gebruikt voor wegenbouw, onder nieuwbouwwijken en als metselzand. Wanneer we de geologische kaart erbij pakken, zien we in die zandgaten een patroon dat direct te maken heeft met stijgende zoutkoepels die de aardlagen daarboven omhoog geduwd hebben. Bij Tynaarlo



Warme en koude perioden wisselen elkaar af en dat is terug te zien aan de uitbreiding van de ijskap. In de rechterkolom tonen de stippellijnen dat Nederland tijdens de laatste half miljoen jaar drie keer onder het ijs lag: in het Elsterien en twee keer in het Saalien. De koude en warme perioden (glacialen en interglacialen) zijn herleid met behulp van zuurstofisotopen. We weten dat de afzetting van keileem in Nederland plaatsvond in het laatste deel van het Saalien.

bijvoorbeeld zijn vele diepe zandwinputten gemaakt in de omgeving van zoutkoepels. En we vinden ook zulke grove rivierzanden op 'winbare diepte' bij Zuid- en Westlaren, Vries, Eelde en De Punt.¹⁴

Op de geologische kaarten van Drenthe is dus goed te zien dat de sedimenten boven de zoutkoepels omhoog zijn gekomen.¹⁵ In de omgeving van Schoonloo, met name in Ellertshaar, liggen grindhoudende zandafzettingen uit het Vroeg-Pleistoceen vrijwel of zelfs direct aan de oppervlakte. Deze grove zanden zijn uitermate geschikt om te gebruiken als metselzand – en dat gebeurt dan ook volop. Ook bij Drouwen ligt metselzand dicht onder het oppervlak – maar hier is het te weinig om te winnen.

Rust

Na een periode van sterke bewegingen aan het eind van het Tertiair kwam de Noord-Nederlandse aardkorst tot rust.¹⁶ De druk- en spanningsverschillen als gevolg van tektoniek waren niet meer zo groot dat natuurlijke aardbevingen de aardlagen langs breuken in beweging brachten zoals dat wel bleef gebeuren in Zuid-Nederland. Toch vonden er ook bodembeweging in Noord-Nederland plaats. Later in dit hoofdstuk zullen we zien dat dit te maken heeft met landijs en ijsstromen op het aardoppervlak.

Aan het eind van het Tertiair verslechterde het klimaat en werd het kouder. Dat zien we onder andere aan het teruglopend aantal warmteminnende plantensoorten. De koude-intervallen luiden de overgang in naar een nieuwe periode in de geologische geschiedenis, namelijk die van het Kwartair.¹⁷

Het Kwartair en de laatste drie ijstijden

Van 2,6 miljoen tot 11.700 jaar geleden

Het Kwartair is de geologische periode die 2,6 miljoen jaar geleden begint en tot op heden voortduurt. Geologen splitsen dat op in het Pleistoceen (tot 11.700 jaar geleden) en het Holocene (tot nu). Het Pleistoceen karakteriseert zich door ijstijden afgewisseld met warme tijden. Het Holocene is zo'n warme periode, maar is vooral typerend omdat het een tijd is waarin de mens meer en meer zijn stempel drukt op de landschapsontwikkeling. Voor Drenthe is vooral de tijd vanaf het Midden-Pleistoceen (475.000 jaar geleden) van belang.

Het Pleistoceen is dé tijd van sterk wisselende klimaat-omstandigheden. Ijstijden (glacialen) en warme perioden (interglacialen) wisselen elkaar af. Aan het eind van het Laat-Pleistoceen is het het koudst en is heel veel water vastgelegd in ijs. In deze periode ligt de zeespiegel in ons deel van Europa zo'n 120 meter lager dan nu – en de kustlijn navenant noordelijker.

Waarschijnlijk zijn er in het Pleistoceen wel 23 verschillende ijstijden geweest. En ook binnen die ijstijden is het klimaat niet stabiel: we onderscheiden warmere (interstadialen) en koudere intervallen (stadialen). In zo'n ijsstijd daalt de temperatuur op aarde zodanig dat sneeuw zich ophoopt, gletsjers uitgroeien tot een ijskap en dat er ijsstromen ontstaan. Nederland ligt aan de rand van het gebied tot waar landijs uit Scandinavië zich verschillende malen heeft kunnen uitbreiden. Het Holocene, waarin we nu leven, is in feite een relatief warmere periode tussen twee ijstijden in.



Zandgat Tynaarlo

In het 18 meter diepe gat dat de zandzuigers achterlieten, hebben duikers een oefencircuit ingericht. Onder water liggen drie platforms, een wrak (juweeltje genaamd) en een kreeftenwand. De plas bij villapark Akenveen en camping het Veenmeer is inmiddels een landelijk bekende duiklocatie. Bij Tynaarlo ligt mooi wit zand uit het Perm aan het oppervlak – het is door het zout omhoog geduwd. Sinds de jaren zestig van de vorige eeuw wordt het industrieel gewonnen voor de wegen- en woningbouw. De zandwinners zijn een stukje opgeschoven naar de N34 en halen daar nu zand uit een gat van bijna een kilometer lengte pal tegen het Westerdiep aan. Als de zandzuigers de buit binnen hebben, komen daar landgoederen en nieuwe natuur.

Behalve het klimaat, dat een enorm stempel drukt op de kwartaire geologische geschiedenis, zet ook een aantal ontwikkelingen uit het Tertiair zich door. Het Noordzeebekken blijft dalen en in het centrale deel wordt in het Kwartair meer dan 1000 meter sediment afgezet.¹⁸ Tot zo'n 700.000 jaar geleden blijft het riviersysteem Eridanos in Noord-Nederland zijn sediment afzetten (dit noemen geologen de Formatie van Peize).¹⁹ Maar de meeste sedimenten worden aangevoerd via voorlopers van rivieren als de Wezer en oer-Elbe. Zij brengen materiaal uit oostelijker streken van Duitsland (de Formatie van Appelscha).²⁰ Daarna nam de Rijn het stokje over en worden ook in Noord-Nederland Rijnsedimenten afgezet. Dat is een bontgekleurd grof zandig sediment, dat we ook in Drenthe terugvinden. Geologen noemen dit de Formatie van Urk omdat bij Urk een mooi voorbeeld van dit Rijnsediment ligt.²¹

Drie belangrijke ijstijden

De laatste drie ijstijden zijn van cruciaal belang voor het verhaal over het ontstaan van het Drentsche Aa-gebied. De hoofdstructuur van het huidige landschap is gevormd toen het land met een dik pakket ijs bedekt was tijdens het Elsterien en Saalien. In het Elsterien kwam het landijs tot aan Zuidwest-Drenthe. In het daaropvolgende Saalien bereikte het landijs zijn maximale uitbreiding tot Midden-Nederland waar het onder meer de Veluwe en de Utrechtse Heuvelrug vormde. In de laatste ijstijd – het Weichselien – schoof het ijs niet over ons land maar liet het koude klimaat wel zijn handtekening achter. Dat is bijzonder, want in de ons omringende landen van Engeland tot Rusland aan toe heeft de landijsbedekking in het Weichselien de sporen van het Saalien uitgewist. Alleen in Nederland en Noordwest-

Duitsland gebeurt dat niet. Juist dat maakt ons deel van Europa en daarmee ook het Drentsche Aa-gebied zo bijzonder.

Elsterien: diepe geulen onder het ijs

Van 475.000 tot 410.000 jaar geleden

In het Drentsche Aa-gebied liggen de sedimenten uit het Elsterien (bijna) aan het oppervlak. Op het Ballooërveld stuit je soms bijvoorbeeld op heel fijn glinsterend zand uit die tijd. Dit zand is onderdeel van wat geologen de Formatie van Peelo noemen. Die naam is te danken aan de locatie waar deze formatie voor het eerst officieel is beschreven: dat was in 1975 toen het in de bouwput van een sluis in het Noord-Willemskanaal bij Peelo op een diepte van 3,5 – 5 meter tevoorschijn kwam.²²

We vinden afzettingen uit het Elsterien vooral terug in diep uitgesleten geulen in de ondergrond. Deze diepe tunnel dalen – ook wel glacial buried valleys genoemd – zijn geen echte dalen waar rivieren doorheen gestroomd hebben, maar erosiegeulen die ontstaan zijn onder het landijs. Dat werkt als volgt: door de ijskap die soms honderden meters dik is, ontstaat een immense druk waardoor de temperatuur onder het ijs oploopt en het ijs zelfs kan gaan smelten. Dat afsmelten kan nog eens versterkt worden als de bodemtemperatuur wat hoger is. In Noord-Nederland, het aangrenzende Noordzeegebied en ook in Drenthe is dat het geval boven de grotere breuksystemen in de ondergrond en zoutformaties. Zwakkere delen van de aardkorst en zout geleiden bodemwarmte namelijk beter dan de omliggende gesteenten.

Het smeltwater vanuit de ijskap verzamelt zich onder in het landijs en baant zich op een gegeven moment een weg onder het ijs. Bij de rand van de ijskap is de ijslaag dunner, met als gevolg dat de druk en dus ook de temperatuur daar lager is. Onder deze rand blijft het ook onder de grond dus ijzig en het water uit de geul kan hier niet langs 'ontsnappen' want het stuit op een harde ijslaag. De druk van het water onder de ijskap wordt groter en groter tot het water uiteindelijk met geweld een uitweg zoekt onder de ijsrand door. Daarbij ontstaat stevige erosie van de ondergrond.²³ Vandaar dat langs de ijsranden in heel Noord-Europa soms diepe geulen zijn uitgesleten.²⁴ Op het Noord-Nederlandse vasteland zijn zo geulen ontstaan van 85 – 100 meter diep. Bij Heerenveen is een geul bekend die meer dan 300 meter diep is en ten noorden van de Nederlandse Waddeneilanden ligt zelfs een geul van 550 meter diep.²⁵ De geulen in Noord-Drenthe hebben een diepte van circa 110 meter.²⁶ Later zijn die tunneldalen opgevuld met een laag zeer grof zand en meer bovenin ook met fijne zanden, leem- en kleilagen.²⁷

Potklei

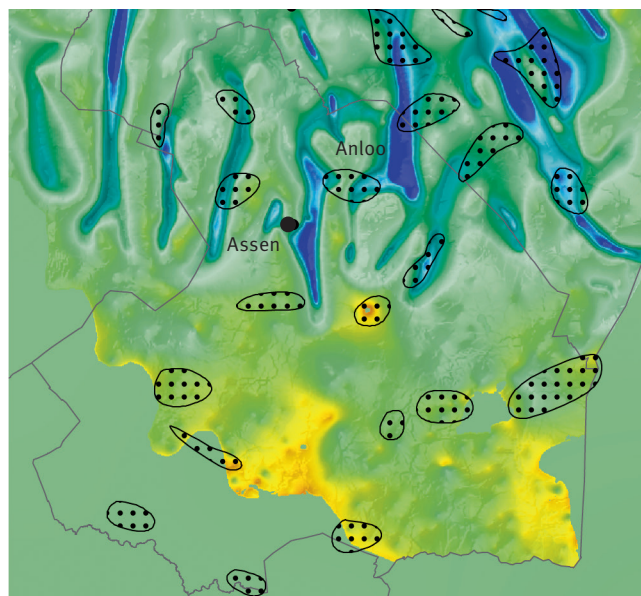
Na het afsmelten van het landijs blijven er langwerpige meren over die gevoed worden door smeltwaterrievieren. Als een rivier in een meer leegstroomt, daalt de stroomsnelheid van het water en bezinken sedimenten – de fijne zanddeeltjes eerst. Vooral in de wintermaanden, als de meren bevroren zijn, kunnen ook de kleinste deeltjes bezinken. 's Zomers, als er meer smeltwater langs stroomt, wordt voornamelijk heel fijn zand (silt) afgezet. In het midden van het meer zakken uiteindelijk ook de kleinste deeltjes naar beneden: klei. Het sedimentpakket in deze meren bestaat daarom uit afwisselend dunne donker en lichter gekleurde laagjes. Deze noemt men varven. Soms is (op grotere diepte) deze klei heel donker gekleurd en ontbreekt de gelaagdheid. Deze afzetting (die dus een onderdeel is van de Formatie van Peelo) staat onder geologen bekend als het Laagpakket van Nieuwolda, maar in de volksmond heet het potklei.²⁸

Wanneer we potklei vinden, hebben we dus met een meerbodem uit het Elsterien te maken. Deze oude laag ligt meestal heel diep – het Elsterien eindigde immers 410.000 jaar geleden. Maar in een enkel geval zit de potklei vlak aan het aardoppervlak. Dit is bijvoorbeeld het geval in de






Peelozand dagzoomt op het Boerzand, een deel van het Ballooërveld.

driehoek Peize – Roden – Leek in de Kop van Drenthe, waar in 2014 het aardkundig monument de Kleibosch bij Roderwolde is onthuld. In het Drentsche Aa-gebied komt potklei dicht of aan het aardoppervlak voor in het gebied tussen Anderen en Gasteren en langs de westrand van het Ballooërveld. Die verschillen in diepte hebben te maken met opstuwing in het latere Saalien, waardoor de fijn gelaagde potklei sterk vervormd werd. Plaatselijk is de potklei ook weer afgevlakt door het ijs uit het Saalien.



Kaart met afzettingen uit het Elsterien. De geulen uit het Elsterien liggen als blauwgroene aders in het landschap.

-  Zoutkoepel
-  Dunne afzettingen
-  Dikke afzettingen

Potklei en keukenzand

Door Gerrie Koopman

Het Scandinavische landijs heeft in het Elsterien karakteristieke afzettingen achtergelaten in het Drentsche Aa-gebied, waarvan potklei de meest bekende is. In de omgeving van het Gastersche Holt, ten zuiden van Gasteren, ligt de potklei bijna aan de oppervlakte. Omdat de klei nauwelijks water doorlaat, zijn de gronden hier van oudsher intensief begreppeld. De leemkuilen in het Gastersche Holt dateren uit de tijd dat de boeren hun deel (achterhuis van de boerderij) met potklei verhardden. De veldnaam Vetmaat bij het Scheebroekenloopje ten noorden van Anderen verwijst waarschijnlijk naar de vette potklei die hier aan de oppervlakte ligt. En in de omgeving van het Tichelhuis aan de zuidwestrand van het Ballooërveld is volgens de overlevering potklei gewonnen om de stenen te bakken voor de kerk in Rolde.

Naast potklei is in het Elsterien in de smeltwatergeulen en –bekkens zand afgezet dat bekend staat onder de naam Peelozand. Veel van deze zanden zijn redelijk fijn, maar soms vinden we ook grovere zanden. Op enkele plaatsen in het gebied van de Drentsche Aa ligt het fijne zand aan de oppervlakte, met name in stuifzandgebieden.

Het fijne Peelozand heeft een gemiddelde korrelgrootte van ongeveer 75 – 100 micrometer en voelt bij het in de hand nemen van het materiaal zo zacht aan dat het al sinds lange tijd bij bodemkundigen bekendstaat onder de naam poesjeszand. Daarnaast bevat het Peelozand veel glimmers of mica's. Deze plaatvormige mineralen geven het zand een kerstkaartachtige glittering als de zon erop schijnt. Harm Tiesing schrijft in één van zijn artikelen dat Peelozand door de bewoners van Drouwen nog rond 1900 in het Drouwenerzand gewonnen werd als zogenaamd keukenzand. Op de lemen vloer van de woonkeukens werd dagelijks een fris wit zandtapijt gestrooid dat de dag daarna met het aangehechte vuil weer werd weggeveegd. Tiesing schrijft: *Dit zand werd nog regelmatig op dezen vloer uitgestrooid, dan de boer zijn koren op het land zaaide. Elke dag had men hiervoor per woning 3 tot 5 liter keukenzand nodig.*

In de uitgestoven vlakte van de zandverstuiving Boerzand op het Ballooërveld ligt het Peelozand aan de oppervlakte. Het stuifzandgebied verplaatste zich in de loop van de tijd met de overheersende windrichting naar het noordoosten, waarbij het dekzand inclusief de gevormde podzolbodem door de wind werd



weggeblazen om een eindje verderop als grauwegekleurd stuifzand weer ingevangen te worden door de planten. Doordat Peelozand als gevolg van de fijne korrelgrootte ook fijne poriën heeft, kan het door capillaire werking goed vocht vasthouden en kon de wind er geen vat meer op krijgen.

In een circa twee meter diepe kuil in het Boerzand zien we dat het Peelozand een fijne gelaagdheid heeft. Daarbij valt op dat sommige laagjes schuin liggen. Deze kris kras gelaagdheid is een aanwijzing dat het smeltwater soms over een grote oppervlakte in een ondiep vlechtend geulensysteem wegstroomde.

De geulen uit het Elsterien zijn naderhand opgevuld geraakt met fijn zand (inzet boven) en potklei (inzet onder). Aan de gelaagdheid in deze profielkuil (Boerzand op het Ballooërveld) kunnen de studenten van Van Hall Larenstein herleiden hoe de opvulling van de toenmalige tunneldalen plaatsvond.



Geulen uit het Elsterien leiden ons water

Voor de Drentsche Aa zijn de geulen uit het Elsterien van grote betekenis. Ze bepalen in belangrijke mate waar diepe kwel voorkomt en hoe de kwelstromen lopen. Maar ook potklei en keileem spreken daarin een woordje mee. Over keileem komen we verderop bij de landijsbedekking nog te spreken. Potklei is een taaie kalkhoudende kleisoort die zijn grote compactheid dankt aan het enorme gewicht van het landijs uit het Saalien dat het water uit de klei heeft geperst. Men spreekt daarom wel van een voorbelaste kleisoort. Potklei is ondoorlatend en vormt (plaatselijk) tot op de dag van vandaag een barrière voor het water.²⁹ Waar potklei ondiep voorkomt stagneert het regenwater, blijft de bovenliggende bodem kletsnat en is die vaak onbewerkbaar. Potklei heeft ook invloed op de stroming van grondwater: het regenwater stroomt naar de randen van de potkleilaag en mengt zich pas vanaf daar met dieper grondwater. Ook andersom – van beneden naar boven – kan het water de potkleilaag niet passeren. Maar soms zitten er gaten in de potklei waardoor diep grondwater toch ineens omhoog kan komen.

Ook voor de waterwinning zijn deze met zand gevulde geulen van groot belang. Bij Loon en Anloo wordt water gewonnen uit de met zand gevulde geulen uit het Elsterien. Lokale boeren hebben, bijvoorbeeld in Gasteren, putten laten slaan in de geulen (van meer dan 100 meter diep!) om hun gewas te voorzien van water in droge perioden. Deze geulen zijn daar prima voor geschikt, omdat ze relatief groot zijn en dus veel water kunnen bevatten. Bovendien kan door de goede waterdoorlatendheid makkelijk water toestromen. In de ondergrond van de Drentsche Aa komen meer geulen voor: van de waterscheiding bij Hooghalen tot Glimmen bijvoorbeeld loopt er een. En het grondwater dat bij Anloo omhoog gepompt wordt komt uit een brede geul die in Noord-Groningen begint en zich uitstrekt tot iets ten noorden van Anderen. In feite zit er dus een groot reservoir schoon grondwater opgeslagen in het zand waarmee de geulen later opgevuld raakten.

De geologische opbouw van de afzettingen uit het Elsterien is dus van betekenis voor de grondwaterstromen in het Drentsche Aa-gebied. Maar uit computersimulaties van de grondwaterstroming blijkt dat het gedrag en de chemische samenstelling van het diepe grondwater ook sterk beïnvloed wordt door de nog diepere zoutlagen uit het Perm. Die vormen als het ware in de diepe ondergrond de onderste ondoorlatende laag van het grondwatersysteem dat ons nu aan het oppervlak samen met potklei, zo'n bijzondere flora en zo'n prachtig landschap brengt. In gebieden waar de potklei ondiep voorkomt (zoals op het Eexterveld) is er sprake van een grote bodemvariatie. In potkleigebieden is er in potentie dan ook sprake van een grote biodiversiteit.

Veel planten in het Holsteinien

Van 410.000 tot 370.000 jaar geleden

Na het relatief lange Elsterien volgt het warme interglaciaal dat we Holsteinien noemen. Deze periode kent een mild klimaat en er is veel plantengroei. Geologen vinden daarvan soms sporen terug; ze herkennen donkere bodemlagen die gekleurd zijn door de organische stof uit plantenresten van het Holsteinien. Omdat het landschap na deze periode opnieuw onder een ijskap komt te liggen zijn veel sporen uit het Holsteinien verdwenen en is er niet veel over

deze tijd bekend. In Noord-Nederland is alleen in Noord-Bergum in Friesland op de potklei een afzetting gevonden waarvan zeker is dat die dateert uit het Holsteinien.³³ Ook van een venige afzetting die men aantrof in Roden wordt verondersteld dat die uit deze warme tijd dateert.³⁴

In het Drentsche Aa-gebied zijn tot dusver niet zulke afzettingen aangetoond. Wel zijn bij de aanleg van de N33 in typische Elsterienafzettingen restanten van veenbodems aangetroffen die kunnen duiden op herkomst uit het Holsteinien, maar dat moet nog nader onderzocht worden. En zelfs al zouden we dat weten, het blijft fragmentaire kennis. Over de lange koude periode die op het Holsteinien volgt, het Saalien, weten we wel meer. In de laatste koude fase van het Saalien bereikt het landijs ons land.

Saalien: kneden en schuren door het landijs

Van 370.000 tot 130.000 jaar geleden

We hadden het net over de Elstergeulen die diep onder de bodem ons water leiden, maar als *iets* het Drentse landschap zichtbaar tekent, dan zijn het toch wel de zand- en keileemruggen. We zagen deze opmerkelijke ruggen al aan het begin van dit hoofdstuk op de oude topografische kaart van Gerard Mercator uit 1585. In 1925 zijn de ruggen gedetailleerd in kaart gebracht door de Drentse provinciale medewerker Jan van Veen; dat was toen een hele kluit. Vandaag de dag kunnen we ons dat nauwelijks meer voorstellen. We herkennen het patroon van de ruggen goed op google maps, vanuit een vliegtuig of op satellietbeelden. Met behulp van lasertechnologie zijn nauwkeurige hoogtekaarten gemaakt (Actueel Hoogtebestand Nederland – AHN), die overigens voor iedereen op het internet toegankelijk zijn via www.ahn.nl.

Op de (hoogte)kaarten aan het begin van dit hoofdstuk en op pagina 33 kunnen we verschillende richtingen onderscheiden:

- We zien ruggen in noordoost-zuidwestelijke richting die in Noordwest-Duitsland doorlopen.
- In het zuidwesten van Drenthe herkennen we onder andere de Rug van Zuidwolde met een afbuiging naar het zuidwesten.
- Het meest prominent zijn de Hondsrug en de Rolderrug die in noordnoordwest – zuidzuidoost richting in oostelijk Drenthe liggen. Dit is het Hondsrugcomplex waar de Drentsche Aa een landschappelijke eenheid mee vormt. We noemen het een *complex*, omdat het feitelijk niet om een, maar meerdere ruggen gaat. De Rolderrug wordt bij Sleen de Sleenerug genoemd, maar beide zijn in feite deel van dezelfde landschapsstructuur.
- In Noord-Drenthe liggen ten westen van de Rolderrug nog een aantal parallelle ruggen zoals de Rug van Zeijen.

Vier fasen landijsbedekking

De langgerekte ruggen die het landschap van de Drentsche Aa bepalen, zijn in het Laat-Saalien gevormd. Geologen onderscheiden nu vier fasen van ijsbedekking die allemaal een duidelijk spoor hebben achtergelaten en de verschillende richtingen van de ruggen kunnen verklaren.³⁵

In de **eerste fase** (ook wel de Rehburg-fase genoemd) breidt het landijs vanuit Scandinavië naar het zuiden uit. Het ijs stagneert aan de noordzijde van het Teutoburgerwoud, waar het de plaatselijke ondergrond voor zich uit schoof.

Drinkwater uit de ijstijd-laag

Door Enno Bregman

De met zand gevulde Elstergeulen in Noord-Drenthe zijn belangrijke waterwingebieden. Ze voorzien tienduizenden mensen van schoon drinkwater en het water wordt zelfs verkocht als bronwater. Het drinkwater dat in Loon en Anloo wordt gewonnen komt uit de poriën in het zand van de diepe geulen en heeft een zeer hoge kwaliteit. Maar dat niet alleen: ook wanneer dit water via natuurlijke weg naar boven stroomt, is het nog steeds bijzonder schoon. Het is uitzonderlijk dat we oppervlaktewater kunnen gebruiken om te drinken. Dat onderstreept de betekenis van het gebied voor de mens en maakt het begrijpelijk dat de Drentsche Aa een grondwaterbeschermingsgebied is. Elders in Drenthe wordt ook water gewonnen maar dat komt uit andere, meer grofzandige lagen, zoals de Formaties van Peize en Appelscha. Dat water heeft daarom ook een andere samenstelling.

Tot voor kort was er weinig kennis over de Elstergeulen, terwijl ze van groot belang zijn voor het grondwatersysteem en de waterkwaliteit. Gelukkig is dat nu veranderd. In Duitsland was door wetenschappers een geohydrologisch model gemaakt van een gebied dat qua geologische opbouw sterk overeenkomt met het Drentsche Aa-gebied.³⁰ Dat model hebben we gebruikt, ommeer inzicht te krijgen in het diepe grondwatersysteem van de Drentsche Aa en om het verband tussen het ondiepe en diepe grondwater te onderzoeken.³¹

Daarom weten we nu dat er een sterk verband is tussen de diepe Elstergeulen en de kwelwaterstromen in het veld. De eerste resultaten van het Drentse onderzoek bevestigen ook dat het oppervlak verdrogingsproblemen kan ondervinden door grondwater uit de diepe geulen te onttrekken. Ecologen hadden daar eerder aanwijzingen voor gevonden in de buurt van de waterwinning bij Loon: ze zagen de samenstelling van de vegetatie veranderen en vermoedden dat dit te maken heeft met de veranderingen in de kwelwaterstromen. Ons onderzoek naar de diepe ijstijdgeulen bevestigt dat.

Het onderzoek in het Drentsche Aa-gebied heeft inzicht gegeven in de wijze waarop grondwater zich gedraagt in en nabij diepe onder het ijs gevormde geulen en het risico dat kwelstromen verstoord raken. Verstoringen van de watermachine hebben niet alleen effect op de plantengroei, ze zijn ook bedreigend voor de waterwinning. Die kennis is ook voor andere gebieden in Noord-Europa van betekenis omdat daar miljoenen mensen water uit diepe glaciële geulen drinken.

Op een Europese conferentie in Assen in 2012 kwam onder meer naar voren dat er in Europa geen goed beschermingsbeleid is voor glaciële geulen. De Europese politici besloten daarop in actie te komen en in 2014 stemden ze in met een programma voor de bescherming van zoet drinkwater uit diepe glaciële geulen. Vijftien organisaties uit zeven landen zijn daar nu mee aan de slag. De provincie Drenthe heeft daarbij het voortouw en de Drentse aanpak staat model voor de aanpak van het onderzoek.³²



Het weggeschoven materiaal vormt boogvormige ruggen die we stuwwallen noemen. Deze stuwwallen zijn dus ruggen die zijn ontstaan door lokaal verplaatste en opgestuwde sedimenten. De Dammer Berge in het Teutoburgerwoud is daar een voorbeeld van; het vormt samen met het Teutoburgerwoud een obstakel voor het ijs. Omdat landijs net als water de makkelijkste weg volgt, gaat het landijs in Noordwest-Duitsland een andere richting op stromen. Het landijs breidt zich dan meer uit in zuidwestelijke richting en stroomt vervolgens vanuit het noordoosten Nederland binnen.³⁶ In Noordoost-Groningen stagneert het ijs echter opnieuw boven het Groningse Hoog en daar vormen zich stuwwallen. We danken de hoogteverschillen bij Winschoten, Onstwedde en de Hasseberg aan deze eerste fase van het Saalien.³⁷ Het ijs laat tijdens deze vergletsjeringsfase Oost- en Noord-Drenthe niet ongemoeid.

Toen onlangs een diepe gasverbinding werd aangelegd van Sappemeer naar Langelo kon bewezen worden dat het ijs de bodem opstuwde. Peelo-afzettingen bij Vries, het Hooge Veld en het tussengelegen lage gebied zijn over een grote lengte gestuwd en soms bijna 90 graden gekanteld. Het onderzoek naar deze eerste fase is lastig omdat de latere Hondsrugijdsstroom veel resten uit deze fase heeft opgeruimd.

In de **tweede fase** rukt het ijs op tot de lijn Texel-Coevorden. De eerder gevormde stuwwallen worden daarbij overreden. Dat weten we omdat ze iets zijn afgevlakt en er een nieuw laagje sediment (keileem) op is afgezet. Keileem is een mengsel van keien, grind, zand, leem en klei dat door het ijs door elkaar gekneet is.³⁸ Het meeste materiaal hiervan is afkomstig uit de zool van het landijs en komt dus uit het brongebied van de ijskap. De keileem is een grondmorene, waarmee wordt bedoeld dat het materiaal is afgezet door de landijskap, vaak door uitsmelting. De herkomst is dus volstrekt anders dan het (lokale) materiaal in stuwwallen. Uit de zwerfsteensamenstelling en mineralenonderzoek kan vrij nauwkeurig bepaald worden waar het materiaal uit Scandinavië oorspronkelijk vandaan kwam en zo kunnen we de verschillende ijsrichtingen reconstrueren.

In deze tweede fase beweegt het landijs vrij snel. De fijne sedimenten die in Noord-Nederland aan de oppervlakte liggen fungeren als het ware als een glijbaan. In combinatie met vloeibaar water onder de ijskap schuift het ijs soepel over ons land.³⁹ De ijskap laat dan een dik pakket keileem achter. De stroomrichting van het ijs in deze tweede fase is zichtbaar in het zandlandschap van Friesland en Zuidwest-Drenthe aan de ruggen die in noordoost-zuidwestelijke richting liggen. Riviertjes als de Tjonger en de Linde stromen nu tussen deze ruggen in. Nieuwe stuwwallen zijn gevormd op plaatsen waar het ijsfront halt hield. Deze herkennen we nu als de Hoge Berg op Texel, het voormalig eiland Wieringen, de kliffen in Gaasterland en de Havelterberg.

In de **derde fase** draait de ijsstroom naar een meer zuidelijke richting. De eerder gevormde stuwwallen worden overreden zoals eerder ook al was gebeurd. Dat weten we, omdat op de hierboven genoemde stuwwallen een laagje keileem is aangetroffen. Het ijs stroomt dan naar Midden-Nederland en verder naar het oosten naar het Bekken van Münster. Maar in Midden-Nederland stagneert het ijs omdat de ondergrond daar uit grover rivierzand van Rijn en Maas bestaat. De veel grotere stroefheid van grof zand bemoeilijkt het voort-schuiven van het ijs aanmerkelijk.⁴⁰ Als gevolg hiervan



De Aa bij Schipborg.

ontwikkelen zich aan de rand van het landijs grote ijstongen die via rivierdalen en natuurlijke laagtes zuidwaarts schuiven. Op plaatsen waar de ijstongen worstelen om de grovere beter drainerende Rijn- en Maasafzettingen te passeren zijn hoge stuwwallen gevormd die we nu kennen als de Utrechtse Heuvelrug en de Veluwe Heuvelrug. Als de aanvoer van ijs uit Scandinavië stagneert, valt de ijsbeweging in ons land stil en ontstaan de zogenaamde doodijsvelden.⁴¹

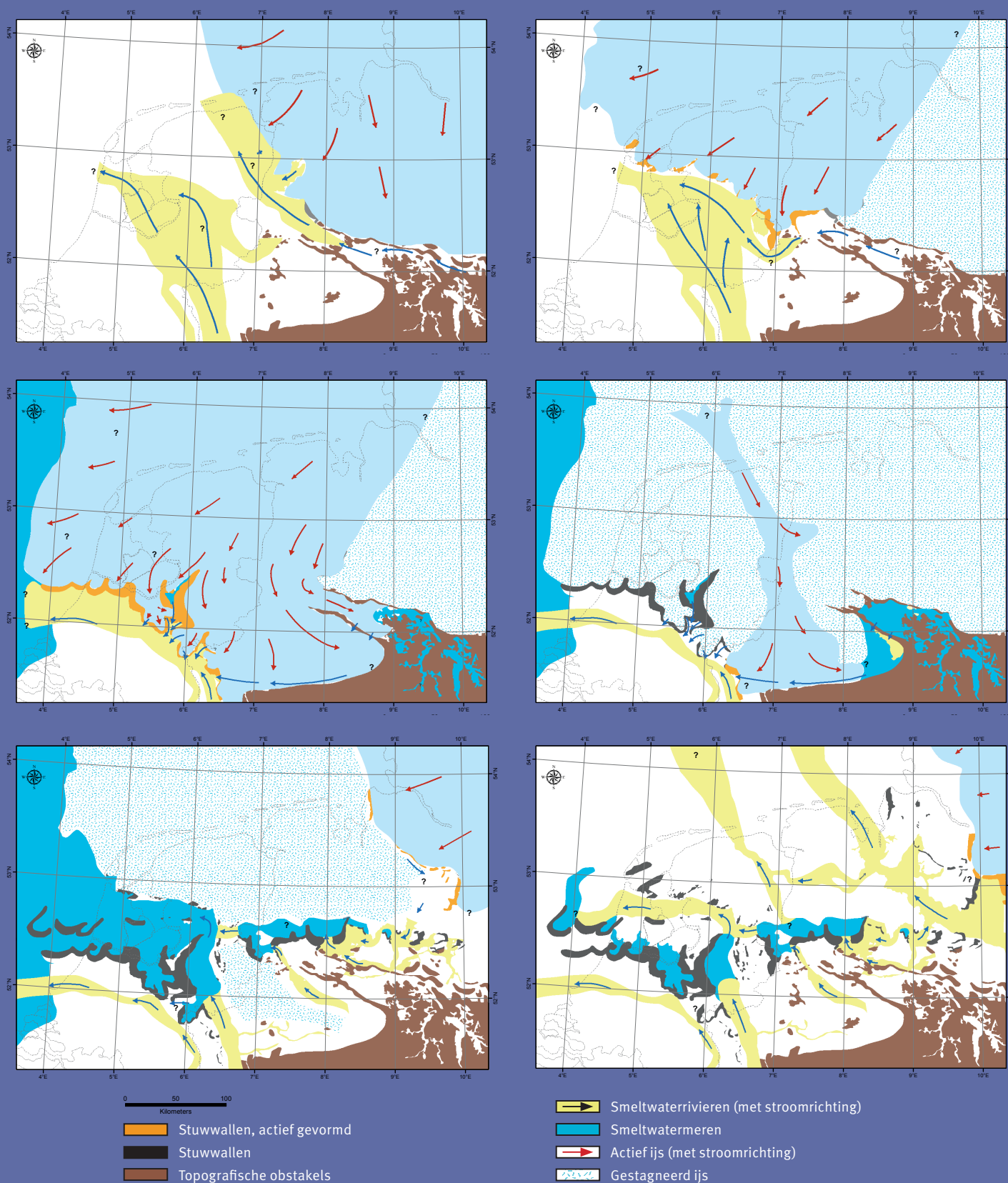
De ruggen in Noord-Nederland en Noordwest-Duitsland met een noordoost-zuidwest richting zijn dus een erfenis uit deze tweede en derde fase. De meest zuidelijke ruggen zijn daarna niet meer door volgende ijsuitbreidingen overreden. Dit in tegenstelling tot het gebied van de Drentsche Aa, waarvan de ruggen ontstaan zijn door een ijsstroom met een heel andere richting: de Hondsrugijsstroom.⁴²

De **vierde fase** brengt ons bij de ijsstroom die het Hondsrug-complex heeft gevormd. Het ontstaan van de Hondsrug is al meer dan honderd jaar onderwerp van stevige debatten.⁴³ In ieder geval is de Hondsrug geen stuwwal, zoals vroeger werd verondersteld. Ook zijn de wallen niet gevormd door een ijsstroom die grondlagen opstuwt en plooit zoals een tafellaken wat je in elkaar schuift.⁴⁴ Maar hoe is het Hondsrugcomplex dan wel ontstaan?

We weten inmiddels dat er in het Drentsche Aa-gebied in de vierde fase van het Saalien een ijsstroom op gang komt tussen twee stagnerende ijsvelden in. Tegenwoordig kunnen we aan grondsporen afmeten of een rug aan de rand van een ijstong of juist onder het ijs is gevormd.⁴⁵

Zo hebben we kunnen afleiden dat ook de ruggen in het Drentsche Aa-gebied onder het ijs zijn gevormd. Typische vormen die horen bij vorming onder het ijs zijn drumlins en flutes. Voor deze glaciële landschapsvormen bestaan geen eenduidige Nederlandse namen, maar ze laten zich wel goed beschrijven. Drumlins zijn vrij steile heuvels die qua vorm iets weg hebben van de bolle kant van een lepel, waarvan het hoogste punt aan de stroomopwaartse zijde ligt. Net als bij flutes is de lengte-as evenwijdig aan de bewegingsrichting van het ijs. Drumlins zijn gewoonlijk 20 tot 60 meter hoog en hebben een lengte van 200 tot 1000 meter. In Zuidwest-Drenthe komen bij Ansen glaciële ruggen voor die voldoen aan de beschrijving van de vorm van een drumlin, maar ze zijn kleiner dan gebruikelijk. Flutes zijn veel langwerpiger en ze zijn veel lager dan drumlins. Ze kunnen vele tientallen kilometers lang zijn, enige tientallen meters hoog en honderden meters tot een kilometer breed, maar het formaat kan variëren.⁴⁶ De ruggen die gevormd zijn door de Hondsrug ijsstroom rekenen we tot de flutes. Gelet op de lengte van de Hondsrug – die is wel zeventig kilometer – spreken we ook wel over een megaflute.⁴⁷

Flutes ontstaan vooral door de schurende werking van smeltwater en ijs. Het snel langsstromende ijs en water in combinatie met drukverschillen leiden haast automatisch tot het ontstaan van flute-landschappen. Daar waar de druk relatief hoog is, wordt materiaal opzij gedrukt. Zo ontstaan langgerekte laagtes met ruggen ernaast. Smeltwater dat onder druk wegstroomt, heeft een sterk eroderende werking. Dat verklaart dat tussen de ruggen grondlagen opgeruimd zijn. Lagen keileem uit de derde fase zijn weer weggespoeld waardoor de fijne Elsterzanden nu weer aan het oppervlak



Tijdens het Saalien raakte Nederland onder een dik pakket ijs bedekt. Op de eerste drie tekeningen is fasegewijs het oprukkende ijs in beeld gebracht. Daarna zien we de Hondsrugijdsstroom ontstaan (vierde tekening) en vervolgens in de vijfde en zesde afbeelding de fasen waarin het ijs smolt.

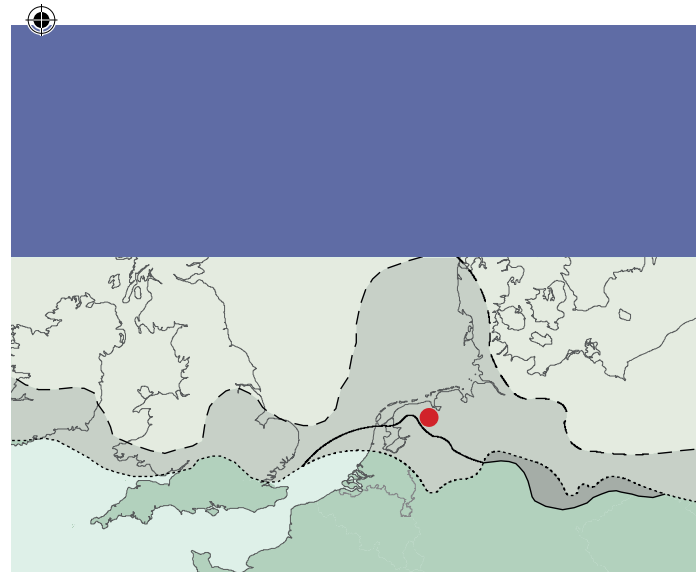
Natuur: het grote misverstand

Hoe natuurlijk is het landschap van de Drentsche Aa eigenlijk? Daarover kunnen babylonische spraakverwarringen ontstaan. Velen denken bij een natuurlijk landschap aan een landschap waar de mens ver vandaan is gebleven – een ware wildernis. Dat klopt. Het landschap is aanvankelijk geboetseerd door klimaat, aardlagen, reliëf, grondwater en bodem. In dat levenloze aardkundige landschap vinden levende planten en dieren een plek. Tot zo ver is het helder.

Met de introductie van de landbouw (dat begint al bij de hunebedbouwers) wordt het ingewikkeld. De mens gaat de planten en dieren benutten en naar haar hand zetten. Is het dan nog een natuurlijk landschap? Ecologen hanteren een strakke definitie: als gevolg van de landbouw verandert natuurlijk bos van eiken en berken met hier en daar een heideplantje in een heideveld met hier en daar een eik en berk. Als de soorten hetzelfde blijven, maar het plantendek sterk van aanzien verandert, praten ecologen over de overgang van een natuurlijk naar een halfnatuurlijk landschap. Wanneer ook de soorten veranderen (meestal verdwijnen) noemen ecologen het een cultuurlandschap.

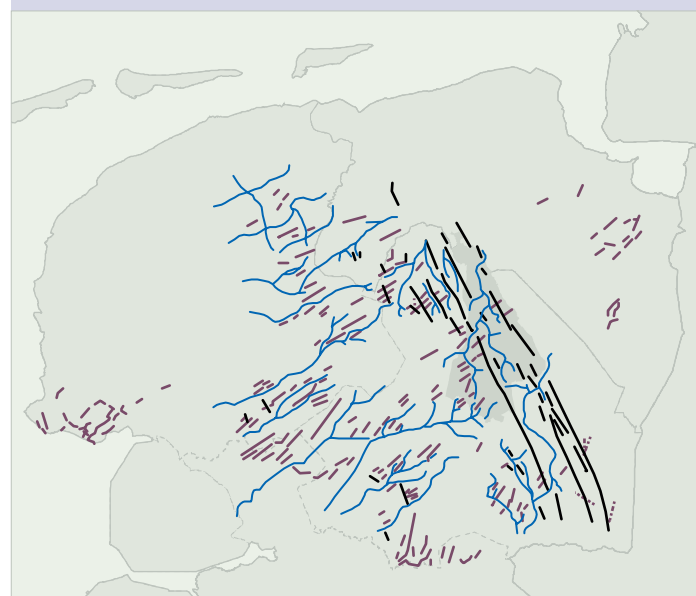
Hoe zit het dan met het aardkundig landschap? Dat is zo oud en het ligt zo vast, dat moet wel natuurlijk zijn, zou je denken. Helaas, zo eenvoudig is het niet. Toenemende activiteiten van mensen (ploegen, ontwateren, overbeweiden) kunnen leiden tot veranderingen in het aardkundig landschap. Zo zijn stuifzandlandschappen louter ontstaan als gevolg van menselijk handelen. Maar omdat geologen en bodemkundigen in hun vakjargon geen begrippen als natuurlijk en halfnatuurlijk hanteren, blijven ze spreken over het aardkundige landschap. De mens is best dominant geworden. Die heeft bijvoorbeeld moerasbos langs de beek ontgonnen tot groenland en bij latere verkavelingen de percelen omringd met houtwallen. Dat noemen we het cultuurhistorisch landschap. Wie hoopt in dit boek te lezen dat het Drentsche Aa-gebied een natuurlijk landschap is, raakt een illusie kwijt. De prachtige madelanden zijn het product van maaierende mensen en machines. De meeste slingers in de beek zijn niet rechtgetrokken in de razende ruilverkaveling van de jaren zestig, maar wel gemanipuleerd door middeleeuwen. De eerste bossen zijn ver voor de jaartelling ten prooi gevallen aan de landbouw. Daarna is de bodem weer begroeid geraakt en dat noemen we dus een halfnatuurlijk landschap.

Wat is dan toch natuurherstel? Door vernatten kunnen we bijvoorbeeld de grondwaterstromen weer een grotere rol geven zodat natuurlijke processen zoals veenvorming weer op gang komen – u leest erover in deel 5 van deze landschapsbio-graphie. Als daar verder geen beheer voor nodig is, komt dat in de buurt van een natuurlijk landschap. Maar feitelijk is het halfnatuurlijk en voor de scherpshippers onder ons: het blijft mensenwerk.



- Weichsel ijstijd
- ... Saale ijstijd
- Elster ijstijd
- Nationaal Landschap Drentsche Aa

Maximale bedekking van het land met ijs gedurende de drie laatste ijstijden. Drenthe lag in de laatste drie ijstijden twee keer onder een ijsdek. In het Elsterien kwam het ijs tot de ononderbroken lijn. Ook in het Saalien lag er een ijskap over Drenthe: het pakket schoof toen door tot aan de Veluwe. In het Weichselien, daarna, bereikte het ijs Nederland niet, maar bleef het steken in Midden-Denemarken.



- Beekdal
- Oriëntatie ruggen:
- van NO naar ZW
- van NNW naar ZZO
- Structuren in de ondergrond

De verschillende richtingen van het ijsdek in de Saale ijstijd. Meest prominent is de noordnoordwest- zuidzuidoost richting van de Rolderen de Hondsrug. In Noord-Drenthe liggen ten westen van de Rolderrug nog enkele parallelle ruggen, zoals de Rug van Zeijen.

Ijstijdonderzoek: een historische blik

Door Enno Bregman

Mensen hebben lang gedacht dat die grote keien in Nederland terecht zijn gekomen door de zondvloed. Hoe ze hier echt terecht zijn gekomen is nog niet eens zo lang bekend. Dat is opmerkelijk. In vergelijking met andere wetenschappen, is de geologie betrekkelijk jong.

Eind 19^e en 20^e eeuw

In 1875 toont de Zweedse onderzoeker Torell aan dat gletsjers ten oosten van Berlijn sporen hebben achtergelaten op grote keien die uit andere gebieden afkomstig zijn.⁵³ Torell brengt de parallelle insnijdingen in de keien in relatie met gletsjers of landijs. Deze zogenaamde gletsjerklassen ontstaan door de schurende werking van in het landijs opgesloten stenen, grind en zand. Vóór 1875 dachten onderzoekers wel eens dat gebiedsvreemde stenen op ijsschotsen waren meegevoerd. Ook bestond het idee dat de stenen van elders wellicht te maken hadden met de zondvloed (het Diluvium, van het Franse diluge = zondvloed).

De ontdekking van sporen van het landijs uit Scandinavië leidt tot een ware stormloop van vooral Duitse geologen. Samen met Nederlandse onderzoekers zoeken zij vooral naar bewijzen van deze ijsbedekking, zoals zwerfstenen, herkomst van de keien, gletsjerklassen en afzettingen waar die in gevonden werden. En al doende komt er ook meer zicht op de grens van het vroegere landijs. Een aantal Duitse onderzoekers verwerft later belangrijke hoogleraarsposten in Nederland.⁵⁴ Aan het eind van de 19^e eeuw doen de professoren Van Calker (Groningen) en Lorié (Utrecht) als eersten onderzoek naar het ontstaan van de Hondsrug. Van Calker meent dat de de Hondsrug een gestuwde eindmorene is van een ijsstroom uit het Noordoosten. De ruggen verklaart hij uit het van tijd tot tijd stilvallen van de ijsstroom; hij meent dat ze gevormd zijn in de terugschrijdingsfasen van het landijs, dat stagneert, zich een beetje uitbreidt en zich weer terugtrekt.

Vlak voor de eeuwwisseling, in 1887, publiceert de uit Oldenburg afkomstige Leidse hoogleraar Martin de eerste moderne glaciale kaart van Nederland.⁵⁵ Wat betreft Noord-Nederland zet Martin de Hondsrug en zelfs de Rolderrug duidelijk op de kaart. Hij meent echter dat het smeltwatervormen zijn en duidt de ruggen aan met de term 'S', dat in het Zweeds esker betekent. Een esker is een sedimentopvulling van een smeltgeul die in het landschap achterblijft als een enigszins kronkelende rug.⁵⁶ Volgens Martin is de Hondsrug een esker en hij onderschrijft de theorie van Van Calker dat de Hondsrug door een ijsstroom vanuit het noordoosten is gevormd. Lorié is het daar volstrekt niet mee eens. Hij meent dat de Hondsrug is ontstaan door een plooiing in het landschap tijdens het terugtrekken van het ijs. Dubois (Amsterdam) vindt echter tussen Exloo en Valthe keurig gelaagde sedimenten die Lorié's idee weerleggen. Dubois leidt af dat de ruggen gevormd zijn door sediment dat met ijs vanuit het noordnoordwesten is meegenomen. Jonker (Delft) is het op zijn beurt volstrekt oneens met Dubois, onder andere over de richting van de ijsstroom. Aan het eind van de 19^e en het begin van de 20^e eeuw is de herkomst van gesteenten en grind onderwerp van veel discussie. In die tijd wordt de basis gelegd voor de moderne geologie van Nederland. Ook over de Drentse keileem – waar het ligt en hoe het is samengesteld – is aan het einde van de 19^e eeuw in wetenschappelijke kringen uitgebreid gediscussieerd. In 1890 brengt de Nederlandse Heidemaatschappij een rapport uit aan de Provinciale Staten van Drenthe *omtrent een onderzoek naar de aard van de woeste gronden in die provincie*.⁵⁷ Op grond van dat onderzoek ontstaat voor het eerst het inzicht dat Drenthe twee keer onder een ijskap bedolven moet zijn geweest. De glaciale geschiedenis die rond de eeuwwisseling volop in de belangstelling staat, richt zich in die tijd echter uitsluitend op wat we nu het Saalien noemen.

Tweede helft 20^e eeuw

Is de Hondsrug nou gevormd door zich terugtrekkend ijs of juist door ijs dat de bodem opdrukt? Daarover valt veel te zeggen en dat hebben wetenschappers in de tweede helft van de 20^e eeuw dan ook gedaan. Crommelin en Van Maarleveld (Wageningen) zien drie parallelle eindmorenes in het Hondsrugcomplex

en menen op grond daarvan dat de ruggen ontstaan zijn door terugtrekkend ijs. Ligterink (ITC, Delft) denkt juist dat stuwing van het ijs de zandruggen heeft gevormd, terwijl Ter Wee (Rijks Geologische Dienst) twee stabiele landijsfronten verantwoordelijk stelt voor het ontstaan van de Hondsrug. De rug van gestuwd materiaal tussen Texel en Hoogeveen zou opgeduwd zijn tijdens een vroegere fase terwijl de eindmorenes rondom Winschoten volgens hem jonger zijn. Zonneveld (Universiteit Utrecht) twijfelt over het verhaal dat glaciale vormen ontstaan zijn tijdens een lange periode van stabiel en terugtrekkend ijs. Hij acht juist uitbreiding van het landijs daarvoor verantwoordelijk – en de overrijding van de eerder gestuwde Havelterberg. Wat betreft de Hondsrug gaat Zonneveld ervan uit dat de noordnoordwest – zuidzuidoostrichting ook verband houdt met tektonische structuren in de ondergrond. Ter Wee en later ook Bosch (1990) kunnen daarvoor geen aanwijzingen vinden.⁵⁸

Eind 20^e eeuw

De onderzoekers Beets en Van den Berg (Rijks Geologische Dienst), Rappol, (Universiteit van Amsterdam) en Zandstra (Rijks Geologische Dienst) herkennen aan het eind van de 20^e eeuw drie richtingen in de ijsstromen: de oudste vanuit het Noorden, de middelste vanuit het noordoosten en de jongste dwars daarop vanuit het noordnoordwesten.⁵⁹ Zij komen ook met een verklaring voor de opvallende richtingsverandering van de jongste ijsstroom: het ijs wordt een andere richting op gedwongen door het botsen van de ijsmassa's vanuit Scandinavië en Groot-Brittannië – hetzelfde als Dubois in 1902 ook al had ingebracht. Beets en Van den Berg (1987) komen met een overzicht van de glaciatiegeschiedenis van Nederland en Noordwest-Duitsland.⁶⁰ Op grond van de keileemsamenstelling onderscheiden zij drie fasen in de uitbreiding van de ijsmassa. Verder menen zij dat de Hondsrug is gevormd tussen twee doodijs massa's. Dit zou gebeurd zijn tijdens een uitbreiding van het landijs. Als eerste in Nederland proberen zij ijsbewegingen en stuwingen te verklaren met behulp van substraatkenmerken zoals poriën, volume en waterdruk. Het is opvallend dat de oudere Elster-ijstijd als 'ijsbrenger' pas in beeld is gekomen in de zestiger en zeventiger jaren van de vorige eeuw. Toen zijn alle gegevens systematisch geanalyseerd en met elkaar in verband gebracht met de vervaardiging van nieuwe geologische kaarten. Dat leverde toen nieuwe inzichten op die de basis vormen voor de meest recente inzichten en die ons nu helpen het landschap beter te doorgronden.

Fragment van de eerste moderne glaciale kaart van Nederland van dr. J. Martin (1893). Op de achtergrond het bodemprofiel van het aardkundig monument in Donderen.

liggen – vooral tussen de ruggen. De Hondsrug en ook de Rolderrug zijn dus géén stuwwallen: ze zijn gevormd door smeltwater, mogelijk in combinatie met ijsdruk.

Mogelijk speelt ook hierbij de geologische structuur van de ondergrond nog een rol. Zo wordt de Sleenerug aan de westkant begrensd door een serie parallelle breuken in de ondergrond, die precies dezelfde richting hebben.

Maar hoe zit dat nu met die zo opmerkelijke richting van de ruggen? Waarom zijn deze nu juist noordnoordwest – zuidzuidoost georiënteerd? Om te beginnen weten we dat het ijs verderop in Midden-Nederland stil valt door de stroevere ondergrond bij de grote rivieren.⁴⁸ Doordat de bodemsedimenten in Twente wat fijner zijn – en de ondergrond daar dus iets gladder – verlegt de ijsstroom zich vermoedelijk die kant op. Ondertussen bouwt de ijskap in het Noordzeebekken zich verder op.⁴⁹

We weten uit ondergrondse sporen dat het ijs in Nederland niet meer bewogen heeft nadat het zich maximaal had uitgebreid. Het is waarschijnlijk dat in de eindfase van deze ijstijd de bodem nauwelijks meer water kan opnemen of afvoeren en het zou best kunnen zijn dat het ijs en de ondergrond vastgevroren zijn, waardoor het smeltwater wel een andere weg móest volgen.

Zo'n alternatieve route hebben we ook gevonden, namelijk een diepe opgevolde slenk, die zich vanaf het Noordzeebekken via het Lauwersmeergebied uitstrekt in noordnoordwest – zuidzuidoost richting. Het smeltwater kan via die route afgevoerd zijn naar een gebied ergens ten noorden van de huidige Nederlandse kust. Aan de andere kant van de ijsstroom, in het Munsterland in Duitsland, ligt dan een groot glaciaal meer dat ook een belangrijke rol speelt in dit verhaal. Als het namelijk warmer wordt en de ijskap smelt, breekt een hoger gelegen aangrenzend meer door, waardoor de waterstand in het grote meer bij Münster snel omhoog komt. Plots valt er een enorme tegendruk weg en kan de dikke ijskap wegstromen naar het Munsterland – aangedreven door de hoge druk die onder het ijs is opgebouwd.⁵⁰ Aan de ene kant van de ijsstroom is er dus een hoge druk, en aan de andere kant neemt de afkalving plotseling sterk toe en neemt de druk dus af: dat brengt de ijsstroom op gang.

Aan het eind van het Saalien smelt het landijs in relatief korte tijd. Het smeltwater vormt aan de rand van het landijs grote meren. Aanvankelijk vindt afvoer van smeltwater alleen plaats naar het westen, naar een meer waar nu de Noordzee ligt. Tenslotte hervindt het smeltwater ook zijn weg naar het noorden weer. In die laatste fase is ook het Hunzedal gevormd. Aan het eind van het Saalien voert ook de Drentsche Aa weer water af naar het noorden. Maar de beek heeft dan nog niet zijn huidige verloop. Die krijgt het pas in het latere Weichselien en in het begin van het Holoceen. We zullen later zien hoe dat gekomen is.

Klei en veen uit het Eemien

Van 130.000 tot 115.000 jaar geleden

Het Eem-interglaciaal of Eemien duurt eigenlijk maar heel kort ten opzichte van het Saalien en het daaropvolgende koudere Weichselien, maar het is wel een opmerkelijke periode. De temperatuur stijgt snel tot iets boven de huidige waarden. De arctische vegetatie verdwijnt en er beginnen naaldbomen en berken te groeien. De vegetatie legt de sedimenten vast en zo neemt de erosie, die in het Saalien nog domineerde, af.

Uiteindelijk ontstaat er een gemengd eikenbos met eiken, lindes, iepen en esdoorns. De natuurlijke begroeiing is redelijk goed vergelijkbaar met de huidige natuurlijke vegetatie in Drenthe, zij het dat het klimaat toen meer continentale kenmerken had. Daarom konden er toen Zilver sparren groeien – die nu niet meer van nature in ons land voorkomen.

Doordat de zeespiegel stijgt en de Noordzee zich weer vult met water, stagneert de afvoer van regenwater en begint zich op het land veen te vormen. Vanuit het noorden dringt een grote zeearm Noord-Nederland binnen. In deze zeearm heerst een brakwatermilieu en er worden zanden afgezet waarin veel schelpen zitten. Tot voorbij Gieten is de mariene invloed van het Eemien in het Hunzedal merkbaar. Eemienzand wordt al sinds jaar en dag gewonnen in een zuigplas bij Harkstede in Groningen. Ook is in de stad Groningen bij archeologisch onderzoek op de oostflank van de Hondsrug, ter hoogte van het winkelcentrum aan de Korreweg, een aantal jaren geleden veen uit het Eemien aangetroffen. Eemienafzettingen zijn ook bekend uit Zuidwest-Drenthe – onder meer bij Wapserveen. Of in het benedenstroomse gebied van de Drentsche Aa ook afzettingen uit het Eemien voorkomen, weten we niet. Wellicht zijn die er wel geweest, maar later weer weggespoeld.

Geen ijs maar wel kou in het Weichselien

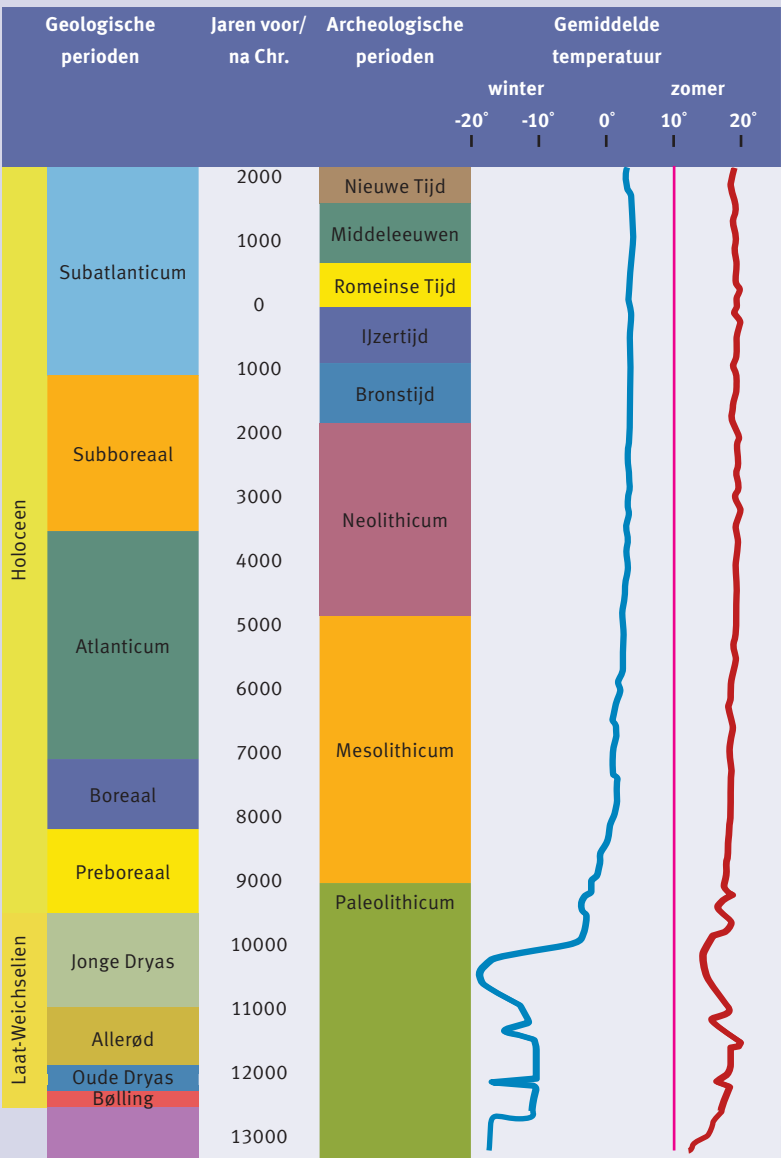
Van 115.000 tot 11.700 jaar geleden

Ook in het Weichselien is het koud. Europa ligt onder het landijs, maar ditmaal reikt de ijskap tot halverwege Jutland en tot bij Hamburg. Doordat deze ijstijd langer duurt dan eerdere ijstijden, breidt het landijs zich verder uit dan voorheen. Het is niet bekend waarom – in tegenstelling tot andere delen van Noord-Europa en Rusland – het ijs niet tot in Noordwest-Duitsland en Nederland reikt. Indirect heeft de ijskap echter wel veel invloed gehad op ons landschap. De temperatuur is zeer laag: gemiddeld zo'n 3° en dat is tussen de 10° en 12° lager dan tegenwoordig.⁶² Door de kou bevriest de ondergrond en soms dringt de permafrost tot tientallen meters diep de grond in. Poolwinden hebben vrij spel en de zeespiegel ligt in de koudste periode zo'n 120 meter beneden het huidige niveau want veel water ligt vast in het landijs. De kustlijn ligt tot ver voorbij de Doggersbank; de Noordzee is dus grotendeels land.

Onder deze barre omstandigheden is over het kale keileem- of morenelandschap van het Drents-Fries plateau een deken van zand afgezet door de poolwind. We noemen dit zand daarom dekzand. Dekzand vinden we terug in grote delen van de Noordwest-Europese laagvlakte, tot in Rusland. In

Sporen van de prehistorische mens

Door Marcel Niekus



Bijna overal op de pleistocene zandgronden vinden we sporen van menselijke aanwezigheid. Meestal zijn het de bewerkte vuurstenen, zoals op de foto hieronder. Vooral de hoger gelegen gronden langs waterlopen en meertjes waren in de prehistorie favoriete verblijfplaatsen.

Sinds wanneer er mensen leefden en hoe hun bestaan eruit zag, moeten we opmaken uit de restanten (artefacten) die gevonden zijn, want pas in de Romeinse Tijd zijn er schriftelijke bronnen die verhalen over het menselijke leven. Die periode zonder schriftelijke bronnen noemen we de prehistorie. Archeologen, die prehistorische vondsten duiden, gebruiken een andere tijdsindeling dan geologen. De basisterminologie uit beide vakgebieden vindt u hiernaast.

Het Drentsche Aa-gebied is bijzonder rijk aan archeologische vondsten. Er zijn zo'n 750 plekken waar door mensen bewerkte vuursteen is gevonden. Soms zijn het pijlpunten of andere werktuigen zoals schrabbers en boren. Maar de meeste vondsten blijken afvalstukken te zijn: overblijfselen van het bewerken van vuursteenknollen tot werktuigen.

De oudste vuursteenvindplaatsen dateren uit het Midden-Paleolithicum, de jongste uit het Laat-Neolithicum en de (Vroege) Bronstijd toen vuursteen nog vrij algemeen werd gebruikt. Overigens zijn ook in de IJzertijd vuurstenen sikkels gebruikt en veel later, in de 16^e – 18^e eeuw, zelfs nog vuurketen voor een musketgeweer of pistool.

Vuursteenvindplaatsen zijn in er allerlei groottes: van locaties waar één pijlpunt is verloren tijdens de jacht tot uitgestrekte gebieden waar vele tienduizenden stuks uitgestrooid liggen. In het laatste geval gaat het bijna altijd om palimpsesten, plekken waar artefacten uit verschillende perioden vermengd geraakt zijn.

Vuursteenvindplaatsen zijn erg gevoelig voor verstoring omdat artefacten, met name stukken uit het Mesolithicum en later, vaak aan of nabij het huidige oppervlak liggen. Door landbouwactiviteiten, graafwerk en natuurlijke erosie kunnen de stenen verspreid raken. Resten van kampen uit het Jong-Paleolithicum liggen doorgaans dieper in de bodem en zijn daardoor vaak beter beschermd.

Het behoeft nauwelijks betoog dat de mogelijkheden voor bewoning van het Drentsche Aa-gebied tijdens de prehistorie sterk waren verweven met de klimatologische omstandigheden. Een belangrijke periode was de overgang van het Laat-Weichselien naar het Holoceen. In deze relatief korte periode hebben de zeer mobiele laat-paleolithische groepen jagers-verzamelaars zich aangepast aan de snel veranderende natuurlijke omstandigheden die het begin van de definitieve klimaatsverbetering van het Holoceen markeren.





In de prehistorie leefden er ook mammoeten in het Drentsche Aa-gebied.

het Drentsche Aa-gebied is niet zoveel dekzand afgezet dat het onderliggende morenelandschap daardoor niet meer herkenbaar is. In veel gevallen is de laag dekzand niet dikker dan 0,5 à 1 meter.

Waar komt dit dekzand vandaan? Veel zand op het Drents-Friese plateau komt uit het oerstroombdal van de Vecht. Toen deze uitgestrekte smeltwaterriviervlakte in koude perioden droogviel, nam de wind het zand op en verplaatste het.⁶³ De dominante windrichting in die periode was zuidwestelijk, zo leiden we af uit de vorm en strekkingsrichting van de zandduinen. Verder gaan we ervan uit dat veel dekzand beschikbaar gekomen is door verstuiwing van lokale glaciale en preglaciale afzettingen op het Drents-Friese plateau.

Soms vinden we dekzand terug in een gelaagde structuur. Dekzand kan onder verschillende klimaatomstandigheden en in verschillende milieus zijn afgezet: in natte laagten of vochtige oppervlakken worden fijn zand en silt laagje voor laagje afgezet. Zulke laagjes treffen we onder andere aan op de flanken van de beekdalen van de Drentsche Aa. Door de subtiele hoogteverschillen in het toenmalige keileemlandschap, waren de windcondities lokaal verschillend. Op de hogere delen was de wind sterker dan in de lagere delen, waardoor het dekzand vooral in de lagere delen werd afgezet. Het landschap kreeg daardoor een zacht welvende vorm. Ophoping heeft geleid tot herkenbare dekzandruggen, maar we zien verschillende typen dekzandduinen. Vooral aan de lijszijde van de Hondsrug heeft het zand laagten opgevuld, hier vinden we dan ook een pakket van enkele meters dik. Aan de westkant van de Hondsrug ligt een dunner pakket dekzand.

Hoewel het Weichselien een koude periode is, ligt de temperatuur niet steeds onder nul. Uit onderzoek op onder meer Spitsbergen en Groenland is gebleken dat het in de zomermaanden in periglaciale gebieden tot ver boven het nulpunt kan opwarmen. Planten krijgen dan kortstondig een kans en er kan een landschap met schaarse begroeiing ontstaan, een arctische toendra. In zo'n warmere periode, als de vegetatie een beetje tot ontwikkeling is gekomen, krijgt de wind minder vat op de bodem. In het Weichselien ontstond een deel van de bovengrond in het warme seizoen soms tot enkele meters diep. Door vriezen en dooien zijn in deze opdooilaaag heel typische verschijnselen ontstaan die nog steeds in de bodem zichtbaar zijn. In het voorjaar en in de korte zomers slijpt het dooiwater ondiepe erosiegeulen uit waarbij soms plaatselijk zelfs de keileemlaag is opgeruimd. In zo'n stelsel van erosiegeulen ontstaan later de beken van de Drentsche Aa.

Door de specifieke klimaatomstandigheden in het Weichselien zijn heel karakteristieke landvormen ontstaan die nog steeds in het landschap te zien zijn. We onderscheiden deze landschapsvormen naar hun wijze van ontstaan: een resultante van het vrije spel van de wind, gekneed door afstromend water, door permafrost of door de seizoensafwisseling van dooien en vriezen.⁶⁴

Cirkelvormige depressies in het landschap

Op veel plekken in het stroomgebied van de Drentsche Aa liggen prachtige kleine ronde watertjes – een soort vijvers maar dan natuurlijk. Ze zijn gevuld met veen en/of water. Deze veentjes, die we in het Nederlands dobben noemen en op zijn Drents *veentjes*, geven het landschap iets schilderachtigs.⁶⁶ Deze laagtes zijn vaak zeer oud en kunnen

Keileem in het Drentsche Aa-gebied

Door Harry Huisman

Het verhaal over de bijzondere natuurwaarden in het Drentsche Aa-gebied drijft zo ongeveer op keileem: de ondoordringbare laag die als erfenis van de ijstijden een belangrijk stempel zet op de lokale water- en mineraalhuishouding. Keileem is een mengsel van keien, grind, zand, leem en klei dat door het ijs is meegesleurd. Je hebt dus keileem in verschillende soorten en maten.

Hoe worden keileemtypes van elkaar onderscheiden? Deskundigen kijken dan naar de lithologie (gesteente), samenstelling en kleur. Nadat de keileem door het ijs is afgezet, raakt het meestal verweerd (een chemisch proces) en uitgeloozd. Over het principe van bodemvorming leest u meer op pagina 90. Daardoor kan de kalk eruit gespoeld zijn. Onderzoekers maken daarom onderscheid tussen onverweerde, niet ontkalkte keileemtypen en typen die door verwerking wel ontkalkt zijn geraakt. Eigenlijk zijn dit dus dezelfde typen keileem, maar door die verwerking hebben ze in de keileemclassificatie eigen namen gekregen (we gebruiken de classificatie van Zandstra uit 1983).⁵¹

Onverweerde en dus nog kalkrijke keileemtypen die in het Drentsche Aa-gebied voorkomen zijn **Noordhorn- en Nieuweschootkeileem**. In uitgeloozd, kalkloze toestand noemt men ze **Assen- en Emmenkeileem**. De verweerde keileemtypen overheersen in het Hondsruggebied. Daarom wordt voor het gemak meestal alleen gesproken over Assen- en Emmenkeileem. Deze beide soorten liggen op elkaar – of eigenlijk nog preciezer: de Assenkeileem ligt onder de Emmenkeileem (en in onverweerde vorm ligt Noordhorn onder en Nieuweschoot bovenop). Emmen- en Nieuweschootkeileem vormen op de ruggen geïsoleerde eilanden van verschillende grootte. Op enkele plaatsen – vooral op de oostelijke Hondsrugtak – zijn deze meer aaneengesloten dan elders. Alle vier de keileemtypen dateren uit de laatste vergletsjeringsfase van het Saalien: de Hondsrugijsstroom heeft ze afgezet. Toch komen op enkele plaatsen lokaal nog restanten voor van een eerdere, noordoost-zuidwest georiënteerde vergletsjeringsfase in het Saalien. Deze keileem heeft een Westbaltische oorsprong. Restanten van de **Heerenveenkeileem** vinden we in het Drentsche Aa-gebied op het Ballooërveld.

Keileemtypen worden vooral van elkaar onderscheiden op hun inhoud aan kristallijne gidsgesteenten (zwerfstenen die herleidbaar zijn tot een specifiek herkomstgebied). Zowel de Assen- als Emmenkeileem heeft een Noord- en Oostbaltische oorsprong. In beide keileemsoorten vinden we overwegend

materiaal uit het gebied bij de noordoostelijke Oostzee: van de Åländeilanden, Zuidwest-Finland, de Botnische Golf en Noord-Zweden. In de beide Hondsrugkeilemen Noordhorn- en Nieuweschootkeileem overheersen Oostbaltische zwerfsteentypen – zij het in de Noordhornkeileem duidelijk minder en ook een andere samenstelling dan in de Nieuweschootkeileem. In de Noordhornkeileem zitten ook zwerfsteensoorten uit andere delen van Scandinavië. Dat is in de Nieuweschootkeileem niet het geval.

Tussen de onverweerde keileemtypen bestaan opmerkelijke kleurverschillen: Noordhornkeileem is in vochtige toestand donkergrijs van kleur, terwijl de Nieuweschootkeileem bruinrood is.⁵² Bij de verweerde keileemtypen is dat kleurverschil verdwenen – die zijn op het oog niet (meer) van elkaar te onderscheiden. Er zijn gelukkig nog wel andere kenmerkende verschillen: Noordhornkeileem bevat naast vuursteen ook altijd granieten uit Zuid-Zweden en dat zien we een-op-een terug in Assenkeileem. Deze elementen ontbreken in de Nieuweschoot- en Emmenkeileem. En ook zitten er in het sedimentaire zwerfsteengezelschap van de Nieuweschoot- en Emmenkeileem geen zwerfstenen uit gebieden zuidelijk van Letland en de bodem van de Oostzee westelijk daarvan.

Daarom denken we dat deze keileem zuidelijk van Letland het contact met de ondergrond heeft verloren en verder in en op het ijs zuidwaarts is getransporteerd. Van de tussenliggende gebieden vinden we ook geen sedimenten terug. Heel opvallend in de Nieuweschootkeileem is het hoge percentage Silurische en Devonische Dolomitische kalkstenen. In de Noordhornkeileem vinden we wel een significante bijmenging van Westbaltische zwerfsteentypen, waarvan vuursteen en wit schrijfkrijt wel de belangrijkste zijn. In de Nieuweschootkeileem ontbreken deze zwerfsteensoorten helemaal.

Zwerfsteeninventarisaties alleen op basis van kristallijne gidsgesteenten vertellen dus maar het halve verhaal. Het vuursteengehalte mag op het eerste gezicht bepalend lijken, maar vergelijking van het sedimentaire zwerfsteengezelschap maakt duidelijk dat de Assen- en Emmenkeileem een verschillend herkomstgebied hebben en niet, zoals soms vermeld in de literatuur, dat de afwezigheid van vuursteen in de Assenkeileem louter te danken is aan transport op een iets hoger niveau in het landijs.

Dit beeld van de ondergrond kwam tevoorschijn bij de aanleg van de rotonde bij Gieten in 2010. De schuivende ijskap heeft de ondergrond hier flink door elkaar geworpen. Het bovenste brok keileem is van het Nieuweschoottype, het onderste van het Noordhorntype waar duidelijk minder zwerfstenen in zitten.

Erosie door de wind

Door Gerrie Koopman

De wind heeft enorme kracht. Soms is dat in de aardlagen af te lezen. Wind kan het landschap vormen door materiaal mee te nemen en elders uitgesorteerd naar grootte weer te deponeren. We laten hieronder zien hoe winderosie kan werken.

Eerst kijken we naar keileem en keizand. Gedurende het Saalien is als gevolg van de ijsbedekking in het gebied van de Drentsche Aa een mengsel van klei, silt, zand, grind en stenen achtergelaten. Deze grondmorene staat daarom vooral bekend als keileem. Het landijs heeft ervoor gezorgd dat al het materiaal sterk door elkaar is gemengd, waardoor keileem een van de weinige afzettingen is die niet gelaagd is. Vermoedelijk is onder het ijs door smeltwater een deel van de keileem tussen de gevormde ruggen al opgeruimd. Maar aan het eind van het Saalien heeft ook het smeltende ijs ervoor gezorgd dat in het huidige beekdalsysteem van de Drentsche Aa een groot deel van het keileem weer weggespoeld is. Die erosie gaat nog verder in het Weichselien, maar dan levert niet het smeltwater maar de wind de vernietigende kracht. Het fijne

materiaal is door een poolwind uit de keileem geblazen om verderop als dekzand en meer naar het zuiden als löss weer neer te dalen. Van het keileem blijft een laag over met grof zand, grind en stenen; het zogenaamde keizand. De grens tussen de afzettingen van voor en van na het Saalien ligt in de keileemlaag en als die ontbreekt in het keizand.

De winderosie brengt ons in het stuifzandgebied Boerzand op het Ballooërveld. Hier is het dekzand helemaal weggeblazen door de wind. Het veel oudere Peelozand ligt nu aan de oppervlakte. Maar wie over de uitgestoven vlakte loopt, ziet een vloer van grind en stenen. Een dergelijke keienvloer wordt ook wel *desert pavement* genoemd. De stenenvloer kent een grote soortenrijkdom aan zwerfsteentjes.

Zoals vuursteen in allerlei kleuren, minder of meer verweerde granieten, zandsteen en kwartsiet. Dit soort grindvloertjes komen elders ook voor, met name in uitblazingslaagtes in het dekzand- en stuifzandlandschap. In een verticaal bodemprofiel zijn ze soms zichtbaar als een grindsnoertje. Doordat de striemende zandhoudende poolwoestijnwinden de aan de oppervlakte liggende stenen geselden zijn kenmerkende windkanters gevormd. Door het zandstraal-effect werden zwerfstenen gepolijst tot vormen met scherpe randen.

Op het Boerzand bestaat het keizand vooral nog uit grindig materiaal. Het laatste grove zand is tijdens de recente verstuiving weggeblazen en de grotere stenen zijn in de loop van de tijd door de talloze recreanten meegevoerd en sieren nu vele tuinen in de omgeving ...



Dekzanden in Donderen

Door Enno Bregman



Docent Gerrie Koopman toont verslaggevers de sporen van verschillende ijstijden bij de opening van het aardkundig monument in Donderen.

Dekzandafzettingen zijn ook voor niet-geologen makkelijk in het veld te onderscheiden van andere aardlagen. Allereerst treffen we dekzanden aan boven de keileem uit het Saalien. Als de keileem verdwenen is, dan zijn de dekzanden afgezet boven de goed herkenbare zachte en witte zanden uit het Elsterien. Heel typerend voor dekzand is de afwisseling van lichtere en donkere bandjes. Dit hangt samen met verschillen in (lokale) klimaatomstandigheden. De donker gekleurde laagjes komen uit een warmere periode, toen de vegetatie iets meer kans kreeg en restanten van planten de bodem donker kleurden. De afwisseling van lichtere en donkere laagjes is goed te zien bij Donderen waar de provincie Drenthe een aardkundig monument heeft ingericht.

Op veel plekken in Drenthe is een dergelijke bodemopbouw bij graafwerkzaamheden van tijd tot tijd zichtbaar. Onderin dit soort gegraven gaten is soms nog net het glimmerrijke Peelozand zichtbaar, gevolgd door een laagje keileem met stenen. Daarboven ligt een dik pakket dekzand. Halverwege het dikke pakket dekzand komt soms een lichtere band voor. Het onderste deel van het dekzand dat iets donkerder van kleur is dan de bovenste zone, komt uit een koude fase aan het eind van het Weichselien. Dit wordt door geologen gerekend tot het oudere dekzand.⁶⁵ In het bovenste (jongere) dekzand is vaak een duidelijk lichtere zone zichtbaar. Deze is gevormd tijdens een warmere periode tijdens de laatste ijstijd en wordt wel aangeduid als de Laag van Usselo. In het algemeen wordt deze laag gedateerd op zo'n 12.000 tot 11.000 jaar geleden – het Allerød interstadiaal. Daarboven ligt alweer een laag dekzand waarin vaak vorstspleten zitten. Degene die dit met eigen ogen wil bekijken, kan in Donderen het aardkundig monument bezoeken. Daar zijn sporen van drie ijstijden te zien en de opeenvolgende dekzanden.

op verschillende manieren gevormd zijn. We maken onderscheid tussen pingoruïnes en uitblazingslaagtes.

Een groot deel van de veentjes zijn restanten van ijslenzen in de bodem. De heuvels die door de ijslenzen ontstaan noemen we pingo's, wat ervan over is in ons landschap zijn de pingoruïnes. De grootste pingoruïne in het Drentsche Aa-gebied is het Halkenveen met een doorsnede van ongeveer 700 meter. De meeste pingoruïnes zijn echter veel minder groot en hebben een doorsnede van 150 à 200 meter. De ervaren landschapsliefhebbers zal het misschien zijn opgevallen dat veel pingoruïnes op een rij liggen in de bovenlopen en zijdalen van de Drentsche Aa. Die positie in het landschap verklapt veelal of we hier met een echte pingoruïne te maken hebben dan wel met een uitblazingslaagte. In de jaren tachtig is er door De Gans uitgebreid onderzoek gedaan naar de ligging, ouderdom en de omstandigheden waaronder pingoruïnes in het Drentsche Aa-gebied zijn ontstaan.⁶⁷

De pingo's in het Drentsche Aa-gebied zijn aan het einde van het Pleniglaciaal, een van de koudste perioden van het Weichselien, gevormd. De bodem is dan tot op grote diepte permanent bevroren (permafrost). In het algemeen dringt de permafrost op de plateaus en ruggen van het Drentsche Aa-gebied sneller en dieper in de bodem dan in het fijn vertakte stelsel van smeltwaterdalen. Vermoedelijk heeft de aanvoer van kwelwater het proces van permanente bevroering van de bodem in de dalen vertraagd, maar uiteindelijk dringt de permafrost ook daarin door. Onder de permafrost blijft water onder hydrostatische druk naar de dalen stromen. Op plekken waar de permafrost dun is verzamelt zich het water en befrist het. Zo ontstaan ijslenzen in de bodem. Door de continue aanvoer van water uit de diepte groeien de ijslenzen zover door dat ze de aarde erboven opdrukken en er tot 50 meter hoge heuvels ontstaan. Door de vorstwerking raakt letterlijk de rek eruit en scheurt de bodem op de heuvel. Wanneer het warmer wordt aan het einde van het Peniglaciaal, smelt de ijskern. Dan glijdt de gescheurde bodem over het smeltende ijs af naar de randen van de heuvel. Nadat de ijskern volledig is gesmolten blijft een meters diepe laagte met een randwal in het landschap achter. In die randwal zijn resten van diepere aardlagen te herkennen.

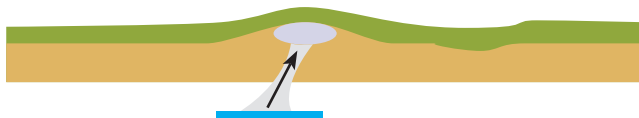
Met het milder worden van het klimaat begint in deze laagtes veen te groeien. In sommige pingoruïnes is de veengroei al in de laatste fase van het Pleniglaciaal, circa 18.000 jaar geleden, gestart zo weten we uit ouderdomsbepalingen met de C14-methode. In andere pingoruïnes gaat het veen groeien vanaf het Laat-Weichselien (Bølling en Late Dryas).⁶⁸ Uit de veenopvulling kunnen we ook de oorspronkelijke diepte van pingoruïnes aflezen en dat leert ons hoe diep de permafrost in de grond zat. Pingoruïnes in Nederland zijn tot 20 meter diep.

Cirkelvormige depressies kunnen echter ook door andere processen in het landschap ontstaan. Daarom is ervoor gekozen om op de losse kaart met natuurlijke landschappen achterin dit boek alle ronde depressies als cirkelvormige laagte weer te geven. Op basis van alleen de landschapsvorm is het onderscheid tussen een pingoruïne en andere natuurlijke laagten namelijk niet te maken. Daarvoor moeten we iets meer de diepte in. De dikte van de veenlaag verradt wel of dit een vroegere ijslens was. De Gans & Sohl introduceerden



Halkenveen

1



2



3



4

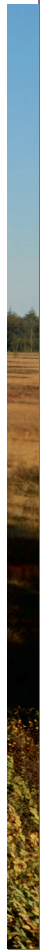


daarvoor in 1981 ee vuistregel: als het veen dikker is dan twee meter is het hoogst waarschijnlijk een restant van een ijslens.⁶⁹ Wanneer we volgens die vuistregel kijken naar de vele cirkelvormige depressies in het Drentsche Aa-gebied kunnen we vaststellen dat zo'n 40 procent vermoedelijke een pingorūne is.

Hoe zijn die andere laagtes dan ontstaan? Soms zijn ze gevormd door de wind – we noemen het dan uitblazings-laagtes. Maar soms ook vormt de wind een laagte te midden van duintjes van dekzand. Aan de loefzijde van het actieve duin kan het zand uitwaaien tot op het grondwater. Na stabilisatie van het duin blijft dan een komvormige laagte achter die met het milder en vochtiger worden van het klimaat met veen volgroeit. Het verschil met de pingorūnes is dat de depressies veel ondieper zijn en dat het veenpakket veel dunner is.

- Opdooilaag
- Permafrost
- Ijskern
- Opgestuwde lagen
- Veen

Ontstaanswijze van een pingorūne gebaseerd op Berendsen (2008). In de bevroren bodem ontstaan ijslenzen (pingo's) door aanvriezende grondwater. Die drukken de aarde omhoog tot de bodem scheurt. Als het klimaat warmer wordt, smelt het ijs en ontstaat een laagte met een randwal.



In het Laat-Glaciaal

Ulco Glimmerveen

Op deze eerste landschapsreconstructie van de omgeving van Gasteren in het hart van het Drentsche Aa-gebied zien we het landschap aan het einde van het Weichselien, de tot nu toe laatste ijstijd. Geologen spreken van het Laat-Glaciaal (12.450 – 10.150 jaar geleden) wanneer ze het over het staartje van deze ijstijd hebben. Het klimaat begon in deze periode al wat te verbeteren. In de winter was het gemiddeld -15°, in de zomer gemiddeld +15°. Het beeld laat daarom geen kaal poolwoestijnlandschap zien, maar een afwisselend landschap met vegetatie.

We kijken van noordoost naar zuidwest. Op de voorgrond zien we een wat hoger gelegen keileem- en dekzandplateau ter hoogte van de huidige Gasterse Duinen. Wie goed kijkt ziet een paraboolvormige dekzandrug liggen met een opening naar het zuidwesten, de overheersende windrichting. In de lagere delen op de voorgrond ligt de keileem heel ondiep en zien we overal zwerfkeien liggen die lang geleden in het Saalien door het landijs zijn aangevoerd. Aan de laatste smeltende sneeuwresten is te zien dat het laat in het voorjaar is. Op de achtergrond bevindt zich een smeltwaterrievier in de brede dalen waar tegenwoordig het Gastersche Diep en Taarlosche Diep stromen.

De meest aan de wind blootgestelde plekken op de voorgrond zijn nog kaal, maar op wat meer beschutte plekken vinden we tal van grassen, mossen, korstmossen en kruiden. In kleine depressies, waar net iets meer vocht beschikbaar is en het micro-klimaat ook wat milder, konden de eerste dwergstruiken opschieten, zoals Kraaihei, Blauwe Bosbes en Dwergberk, maar ook wat grotere struiken als Ratelpopulier, Jeneverbes en Grove den. Het vlechtende beekdalsysteem op de achtergrond heeft ook een korte vegetatie, maar kent ook nog vrij veel zandbanken. In het vroege voorjaar spoelen hier grote massa's sneeuwsmeltwater doorheen.

Wie goed kijkt ziet links op de achtergrond een grote kudde Rendieren lopen. Dit dier was bij uitstek aangepast aan dit klimaat. Rechts in het midden zit een eenzame rendierjager op de uitkijk, verscholen onder een rendierhuid. In archeologische termen bevinden we ons in het Laat-Paleolithicum. Jagers van de Ahrensburgcultuur trokken in die tijd achter de Rendieren aan. Mammoeten liepen er toen al niet meer rond in Drenthe.

(circa 12.000 jaar geleden)

Periode		Tijdvak	Miljoen jaren geleden
Kwartair		Holoceen	0,011
		Pleistoceen	
Tertiar	Neogeen	Pliocene	2,6
		Mioceen	5,33
	Paleogeen	Oligoceen	23
		Eocene	34
		Paleocene	56
			65
Krijt			
Jura		145,5	
Trias		199,6	
Perm		251	
Carboon		299	
Devoon		359	
Siluur		416	
Ordovicium		443,7	
Cambrium		488,3	
		542	





© Ulco





Artet Impression © Ulco Glimmerveen

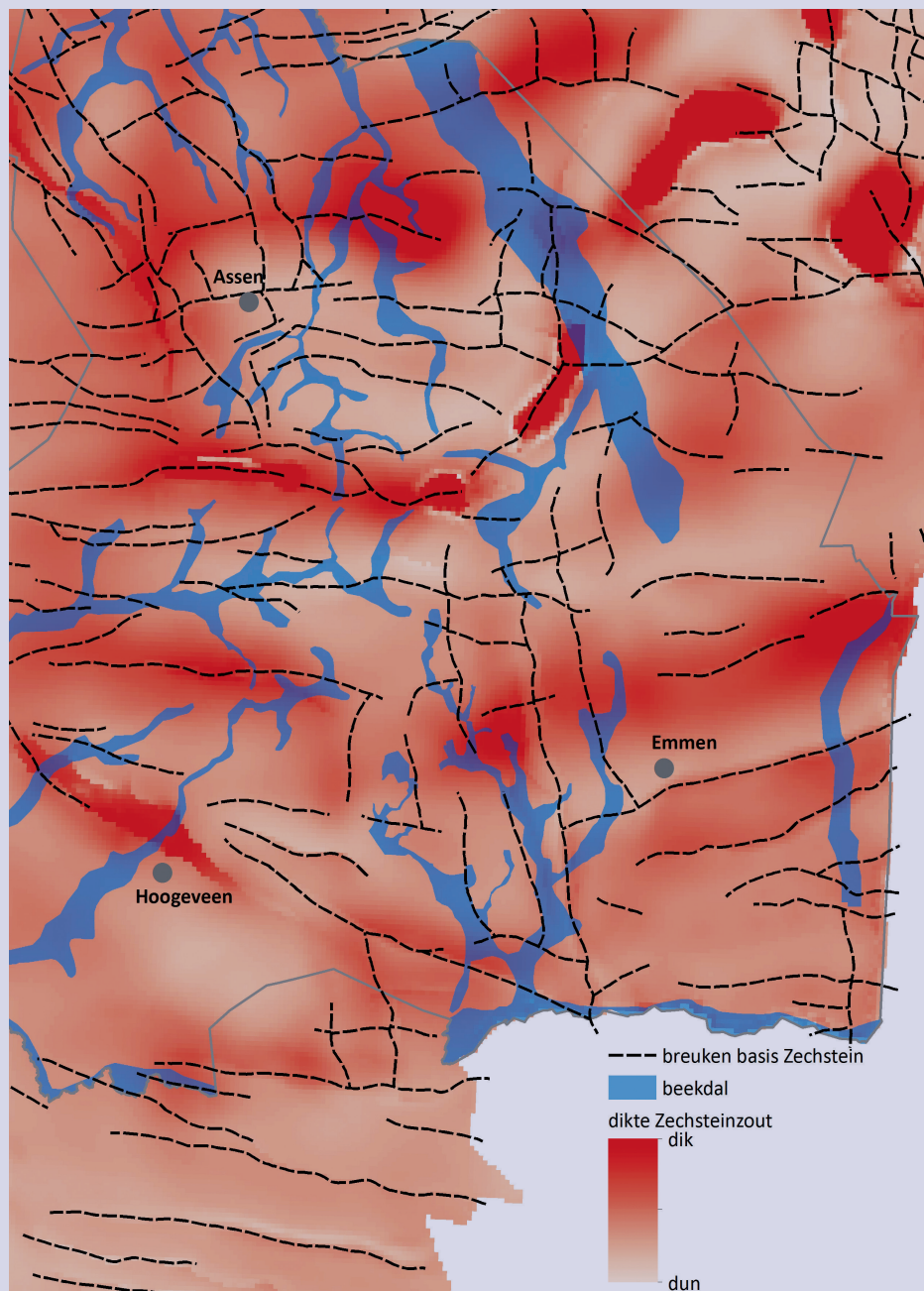
Het beeklopenpatroon en de diepe tektoniek

Door Enno Bregman

Wanneer we kaarten van de ondergrond – met daarop diepe breuken en zoutkoepels – leggen op die van de beeklopen, ontdekken we iets opmerkelijks dat we in deze landschapsbiografie graag met u delen. Op veel plaatsen zien we dat de beek van richting verandert op plaatsen waar een deel van de ondergrond begrensd wordt door breuken. Is er een direct verband tussen zoutopduikingen en de slingers in de beken?

Het blijkt dat beken breder worden precies op plaatsen waar ze in stroomafwaartse richting breuken passeren. Dat zijn ook de plekken waar op de geomorfologische kaart van Drenthe overstromingsvlakten voorkomen. Kennelijk wordt afstromend water hier langer vastgehouden. Kan het zijn dat bij ondergrondse opschuivingen langs de breuklijnen het diepe grondwater naar boven gedwongen wordt?⁷⁷ Het heeft er alle schijn van dat diepere bodemlagen en opduikingen van zout mede bepalen waar de beken en diepjes stromen. Maar hoe die relatie precies zit weten we (nog) niet. Wel hebben we een vermoeden. We weten dat het hoofdpatroon van de beeklopen van de Drentsche Aa is gevormd aan het eind van het Saalien, terwijl dat later (tussen het Laat-Weichselien en het Vroeg-Holoceen) preciezer in vorm kwam en het beeklopenpatroon ontstaan is zoals we dat nu kennen. Die latere finetuning zou heel goed kunnen samenhangen met postglaciale bodembeweging door het ongelijkmatig inzakken van de *forebulge*.

Om daar meer inzicht in te krijgen, is onderzoek opgezet door de provincie Drenthe samen met de Universiteit van Utrecht, de Rijksuniversiteit van Groningen, de Vrije Universiteit van Berlijn, de Technical University of Denmark in Kopenhagen en TNO. In de loop van 2015 verwachten we de eerste resultaten daarvan. Hopelijk krijgen we dan een antwoord op de vele vragen die er nog zijn over het diepe grondwater en de vele factoren die een rol spelen bij de wijze waarop dat water stroomt. Die kennis is van belang voor een nog betere bescherming van het gebied op de langere termijn.



Het lijkt erop dat de diepe ondergrond en zoutopduikingen mede bepalen hoe beken door het landschap stromen. Op deze kaart zijn de huidige beekdalen (blauw), de breuklijnen (zwarte streeplijn) en de dikte van de zoutlagen (rood) zichtbaar gemaakt. De Drentsche Aa baant zich tussen Assen en het Hunzedal (de brede blauwe zone rechtsboven) een weg naar het noorden. Het oorspronggebied van de Drentsche Aa ligt op de zoutrug van Hooghalen, Schoonloo en Gasselte.^{81, 82, 83}

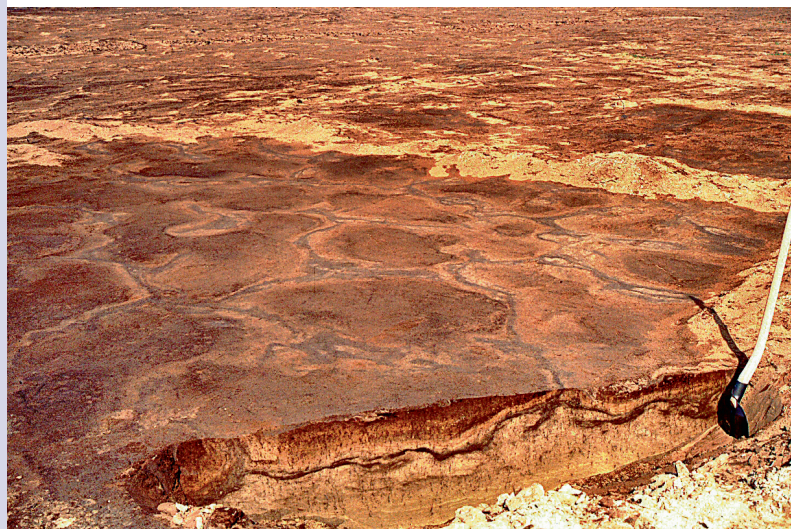


Bij de aanleg van een gasleiding in Schoonloo in 2008 kwamen deze verschijnselen (foto boven en onder) tevoorschijn. Bodemlagen raakten verkneed door afwisselend bevroren en ontdooien van de bodem.

Vorstschade onder de grond

Kun je pingoheuvels en uitblazingsvlaktes in ieder geval in de ijstijd aan het oppervlak zien, veel vorstschade zit direct onder het oppervlak. Soms zie je de meest wonderlijke figuren met verschillende kleuren wanneer je bij vers gegraven slootkanten, bij de aanleg van gasleidingen of een verdiepte weg wat preciezer kijkt. Dat zijn vervormingen van bodemlagen als gevolg van het natuurgeweld in de laatste ijstijd. Dat heeft in de ondergrond verschillende sporen achter gelaten. We laten er in deze paragraaf enkele de revue passeren.

Ook al is in de ijstijd de ondergrond bevroren, in het zomerseizoen kan de bovenlaag best ontdooien. Maar omdat de ondergrond nog wel hard en ondoorlatend blijft, kan dat dooiwater geen kant uit en ontstaat een papperige waterverzadigde bovengrond waarin zwaardere bodemlagen en keien naar beneden zakken en sedimenten omhoog komen. De druk- en massaverschillen zorgen ervoor dat de bodembestanddelen door elkaar gekneed worden. Deze vormen worden door wetenschappers cryoturbate verschijnselen genoemd, waarbij cryo verwijst naar ijs en turbaat naar beweging.



Bij graafwerk komen we soms vorstwiggen tegen. Die ontstaan door vriesdrogen van een permanent bevroren bodem. In droge sedimenten ontstaan daardoor lijnvormige scheuren in de bodem die enkele meters diep kunnen zijn. In het voorjaar dringt dooiwater in de scheuren en ontstaan ijswiggen, in de winter bevriest het water en wordt de scheur opgerekt. Na de dooi kan er weer zandig materiaal in de scheur zakken en begint het ritueel van verzadiging met water en opvriezen opnieuw.⁷⁰

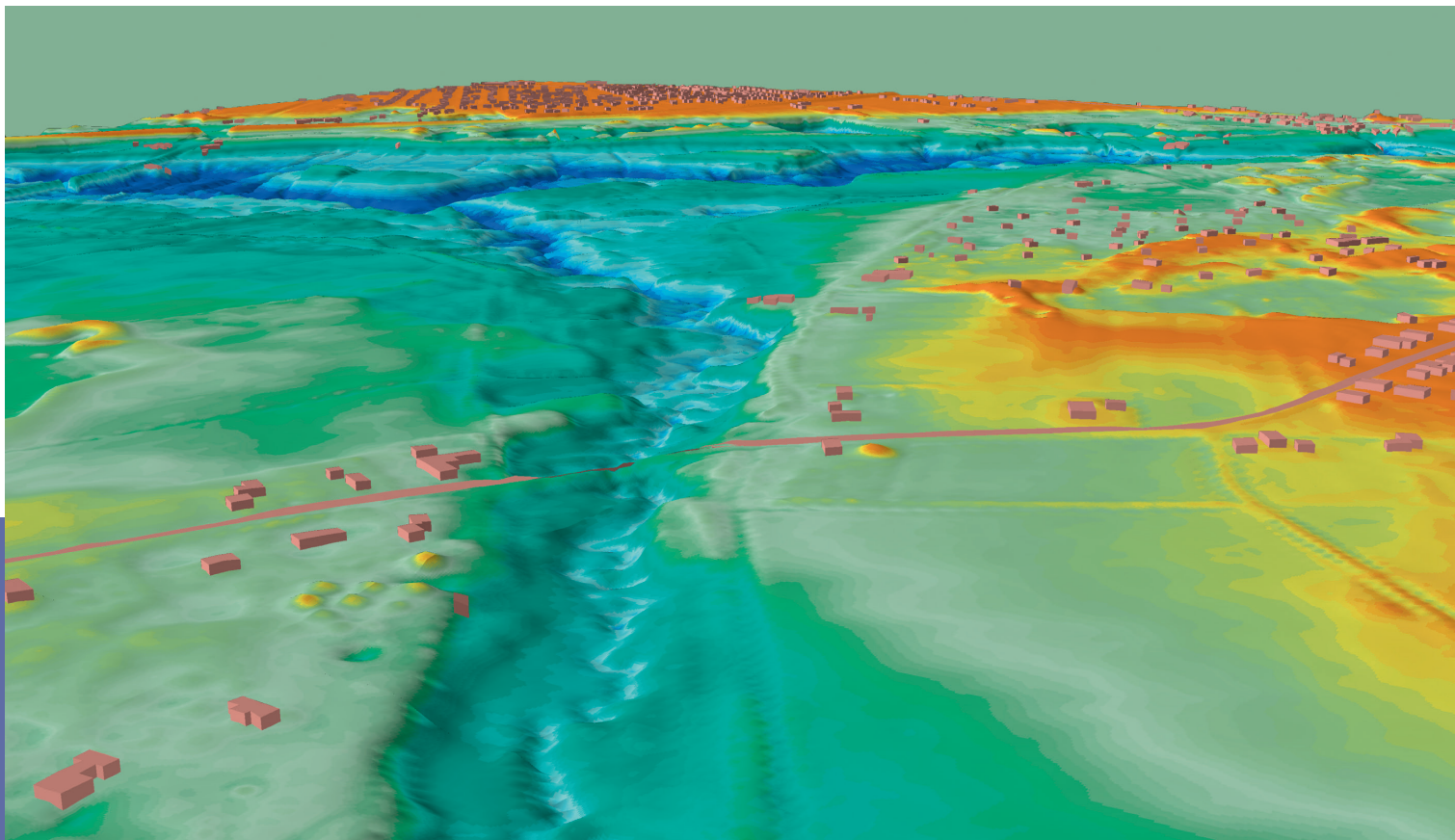
Naast vorstwiggen scharen we ook polygoonstructuren onder de cryoturbatie. Polygonen ontstaan als de gemiddelde jaarlijkse luchttemperatuur -6° of kouder is en de grondtemperatuur -13° tot -24° .⁷¹ Eigenlijk zijn het een soort horizontale vorstwiggen. Door aangroei en latere aanvulling van ijs worden horizontale bodemlagen iets omhoog gedrukt. De scheuren die dan ontstaan raken later opgevuld met minerale grond. Op de foto van een polygoonstructuur is dat goed te zien: de minerale vulling heeft een lichtere kleur. Omdat water uitzet als het bevriest, neemt in het najaar en de winter het volume weer toe en bolt het aardoppervlak een beetje op. Grovere delen, zoals stenen, zakken door de zwaartekracht omlaag en glijden af naar de zijkant van de opbolling. Ze komen dan keurig naast elkaar op een rij te liggen.

Verticale bodembewegingen door het ijspakket

Sommige landschapsvormen zijn ontstaan door het bewegen van de aardkorst voor en na het afsmelten van het ijspakket. Onze kennis daarover is vrij pril en het onderwerp is ook best complex. Toch gaan we erop in want het blijkt wezenlijk voor de vorming van het huidige landschap van de Drentsche Aa.

Door het enorme gewicht van de ijsmassa's was in het Weichselien de aardkorst in Scandinavië naar beneden gedrukt. Maar net als bij een ballon die je indrukt, komt er naast de 'deuk' een hobbel. Vóór het ijsfront is de aardkorst omhoog gekomen. Deze golf wordt door geologen de *forebulge* genoemd. De top van de *forebulge* ligt in het Weichselien in Noord-Nederland.⁷²

Na het Weichselien, toen het ijs weer gesmolten was, zoekt de aardkorst weer naar een nieuw evenwicht. Gebieden die omlaag gedrukt waren veren op, gebieden die omhoog gekomen waren, zakken weer in. Dus stijgt de bodem in



De paarden grazen langs het Zeegserdiepje op de hogere gronden die als terrassen in het beekdal zichtbaar zijn op de hoogtekkaart. De beek kronkelt langs de Zeegsersteeg tussen vrij steile oevers. Op de driedimensionale verbeelding is de weg op de voorgrond de route van Zeegse naar Tynaarlo. De beek stroomt even verderop in het Schipborgsche Diep.



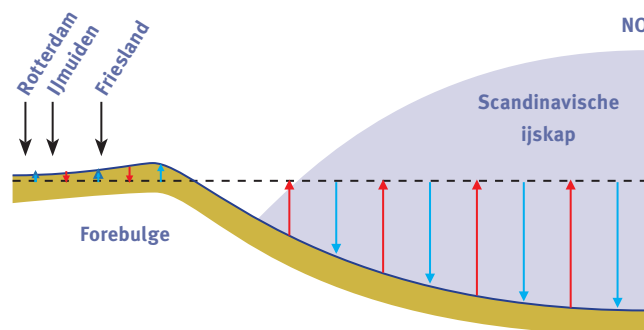
Scandinavië en daalt deze onder meer in Noord-Nederland. Aanvankelijk gaat dat proces relatief snel. Onderzoekers schatten, op grond van onderzoek in Scandinavië, dat de periode met de snelste verandering zo'n 4000 jaar duurt.⁷³ Maar de verticale beweging is nog lang niet gestopt. Tegenwoordig stijgt Scandinavië nog steeds, terwijl de bodem in Noord-Nederland nog steeds daalt door het smelten van de ijskap.

Het lijken kleine bewegingen, maar ze hebben grote gevolgen gehad (en misschien nog wel) voor de waterhuishouding en de landschapsontwikkeling. De geschiedenis van de Rijn – Maasdelta is wat dit betreft veelzeggend. In de verschillende ijstijden dwingt de *forebulge* de Rijn naar het westen af te buigen, maar na de ijstijd als de bodem weer wat daalt, zoekt de Rijn telkens zijn weg naar het noorden. De IJssel is dus eigenlijk de Rijn die naar het noorden wil afstromen, richting het sterkst dalende gebied, het Noordzeebekken.⁷⁴ Daarom is de IJssel relatief jong, zo'n 500 tot 800 jaar oud. Slechts weinig mensen realiseren zich dat de belangrijkste rivieren van ons land stromen langs een route die het gevolg is van het inzakken van de *forebulge* uit het Weichselien.

Recent is er meer kennis verworven over de gevolgen van druk en ontlasting van het aardoppervlak (door bijvoorbeeld een pakket ijs dat aangroeit of afsmelt). Onderzoek hoe dat doorwerkt in Noord-Nederland staat eigenlijk nog maar in de kinderschoenen, maar de resultaten tot nu toe smaken naar meer. Het hele beeklopenpatroon hangt waarschijnlijk samen met de druk van het landijs, de waterscheiding van de Drentsche Aa is erdoor opgeschoven en er zijn terrassen door ontstaan. Alle reden dus om dit verder te onderzoeken. Misschien kan nadere bestudering van de glaciële geschiedenis van Noord-Nederland ook een bijdrage leveren aan zeer actuele vraagstukken over de bodembewegingen door gaswinning, waar het ook gaat over stevigheid van de ondergrond.

Recent ecohydrologisch onderzoek bevestigt onze stelling dat ook in het Drentsche Aa-gebied bodembewegingen een wezenlijke rol speelden en dat de bodem veel minder stabiel is dan tot nu toe door geologen werd aangenomen. Er zijn namelijk 'natte' plantensoorten gevonden op hogere gronden. Dat is gek: normaal zijn hogere gronden droger en welt daar geen kwel op. Dit zou dus kunnen wijzen op breuklijnen in de ondergrond waarlangs het grondwater omhoog komt.

De bewegingen in de aardkorst hebben nog een gevolg dat in Noord-Drenthe landschapsvormend is geweest: Door de bodembeweging kon het zout lokaal ook weer een beetje omhoog komen en konden andere delen tot soms lange tijd na de ijstijd weer een beetje inzakken.⁷⁵ In het Drentsche Aa-gebied zien we dit effect onder andere terug in de diepte van de onderkant van de keileem. Door de grote druk van de ijskap in het Saalien is de keileem tamelijk vlak over het hele gebied uitgesmeerd: het ijs heeft oneffenheden in het landschap als het ware vlak gestreken. Maar tegenwoordig zien we dat er verschillen zijn in de diepteligging van de basis van de keileem. Zo zien we dat de onderkant van de keileem op de top van de zoutkoepels van Hooghalen, Schoonloo en Gasselte duidelijk hoger ligt dan hun omgeving. Bij het Drostendiep (bij Coevorden) ligt de keileemlaag in een slenk tussen twee zoutkoepels juist 2,5 meter dieper ten opzichte van het aangrenzende gebied. Dit



Door het enorme gewicht van de ijsmassa's werd in het Weichselien de aardkorst in Scandinavië naar beneden gedrukt. Maar net als bij een ballon die je indrukt, komt er naast de 'deuk' een hobbel. Vóór het ijsfront is de aardkorst omhoog gekomen. Dit wordt door geologen de *forebulge* genoemd.

zijn aanwijzingen dat door de forebulging de zoutkoepels ook ten gevolge van drukontlasting plaatselijk sterker stegen dan hun omgeving, terwijl andere delen na het afsmelten van het landijs juist in gebieden met breuken in de ondergrond (zoals bij het Drostendiep) weer een beetje daalden.

Terrassen in het beekdal

Bij Zeegse heeft het beekdal soms een onverwacht steile rand. Langs de Zeegsersteeg kronkelt het diepje enkele meters lager dan de weg. Als je goed kijkt, zie je daar zelfs verschillende plateaus. Dit noemen we ook wel terrassen – en dan hebben we het dus niet over de tafeltjes en stoeltjes bij een horecagelegenheid. Ook bij Oudemolen komen terrassen met steilranden voor. Maar in andere delen van het Drentsche Aa-gebied zijn dit soort terrassen niet zo duidelijk aanwezig. Hoe komt dat?

Vermoedelijk heeft dat ook te maken met bodembewegingen als gevolg van zouttektoniek. Wanneer we in de lengterichting vanaf de top van de zoutkoepel bij Anloo tot aan Glimmen de hoogte van het maaiveld aangeven in een profiellijn, zien we dat boven de zoutkoepel van Anloo de beek dieper in de aardkorst is ingesneden dan elders. Op grond van de metingen langs die lijn kunnen we concluderen dat de zoutkoepel bij Anloo zo'n 1,5 meter omhoog gekomen is. Deze terrassen zijn vrij nieuw: ze zijn in het Laat-Weichselien – Vroeg-Holoceen ontstaan.

De oorsprong verschuift ...

Wie de bij dit boek gevoegde losse kaart van het natuurlijke landschap van Drenthe bekijkt kan zien dat helemaal in het zuiden van het stroomgebied, op de waterscheiding van de Drentsche Aa het patroon van beekdalen gewoon doorloopt naar het zuiden. De waterscheiding vormt de grens tussen beken die naar het noorden afwateren, en die naar het zuiden stromen zoals de Beiler- en Sleenerstroom. Maar de bovenlopen van de Drentsche Aa en die van de Beiler-, Aalder-, en Sleenerstroom gaan in elkaar over.

Een van de bovenlopen uit het Drentsche Aa-gebied is die van het Andersche Diepje. Deze is door De Gans in 1981 onderzocht bij Papenvoort.⁷⁶ Het meest zuidelijke deel van de bovenloop vertoont (verstopt onder het dekzand) een ruim 3,5 meter diep beekdal. Op grond van pollenanalytisch onderzoek van opvullingsmateriaal (veen) is vastgesteld



Tussen Mid- en Zuidlaren stroomt een klein zijtakje in het Westerdiep.
Dit droogdalletje heet het Wilde Veen.

dat het dal is ingesneden in het landschap door de eroderende werking van een riviertje dat stroomde in de overgangperiode van het Saalien naar het Eemien. De zeespiegelstand lag in het Pleniglaciaal veel lager en volgens De Gans is dat er de oorzaak van dat de tweede insnijding van het dal dieper is. Maar het was ook de tijd dat het landijs zijn maximale uitbreiding van het Weichselien kende en dus de *forebulge* in Nederland maximaal was door de opwaartse druk. De zee lag lager en ons land was opgeduwd door de druk van het ijspakket elders. De zoutkoepel bij Schoonloo zorgde voor extra opwaartse druk. Onder die omstandigheden kon ook de Drentsche Aa zich dieper insnijden.

Volgen we de bovenloop van De Gans verder zuidelijk, dan blijkt dat het voormalige beekdal onder het maaiveld doorloopt tot óp de flank van de zoutkoepel. Aan de oppervlakte – bijvoorbeeld bij de Strengenweg – zien we daar niets van. Het water verzamelt zich daar vanaf het hoger gelegen bosgebied in kleine zijdalletjes die via gegraven sloten uitkomen in het Eeserveen en uiteindelijk in het dal van de Hunze. Bekijken we de huidige situatie in noordelijke richting dan zien we dat de huidige bovenloop van de Drentsche Aa tegenwoordig ontspringt in het dekzandgebied aan weerszijden van de weg Rolde – Borger.

Op grond van onze huidige kennis over verschillende geologische processen kunnen we dan ook concluderen dat het brongebied van het Andersche Diep oorspronkelijk zo'n 800 meter zuidelijker gelegen heeft dan nu. De *forebulge* heeft ook de route van de Drentsche Aa dus stevig beïnvloed.

Synthese: Het landschap aan het einde van het Weichselien

Nu we meer weten over de aardlagen en de processen die in 300 miljoen jaar de ondergrond vorm gaven, keren we voor het verhaal over het ontstaan van de Drentsche Aa terug naar het aardoppervlak. Ook zonder in de bodem te boren lezen we uit het reliëf en de patronen in het huidige landschap al veel af over de geologische ontstaansgeschiedenis. Het beste kunnen we daarvoor enige afstand nemen en het perspectief kiezen van het aardkundige landschap van de Drentsche Aa dat u vindt op de losse kaart achterin dit boek. Deze kaart brengt voor de verschillende landschappen de terreinvormen in beeld (de geomorfologie), beschrijft de geologische afzettingen nabij het aardoppervlak en geeft inzicht in de bodemontwikkeling en de stromingsrichting van het grondwater (wetenschappers spreken over de fysisch-geografische kaart). We leggen ter afsluiting van dit eerste hoofdstuk aan de hand van een viertal deellandschappen de koppeling tussen het landschap en de hiervoor beschreven geologische processen. Achtereenvolgens gaan we in op het grondmorene- en smeltwatererosielandschap, het beekdallandschap, het dekzandlandschap en tenslotte het stuifzandlandschap.

Grondmorene- en smeltwatererosielandschap

Het huidige landschap van het Drentscha Aa-gebied ontleent, zoals we eerder in dit hoofdstuk zagen, haar hoofdstructuur aan de beweging van het landijs tijdens het Saalien. Het landschap ten westen van de lijn Rolde – Schoonloo is onderdeel van het Drents-Fries keileemplateau en is gevormd in de tweede fase van de landsuitspreiding door een noordoost-zuidwest stromende ijsstroom. Tijdens



de ijsbedekking is een pakket grondmorene (keileem) afgezet. Na het afsmelten van het ijs blijft hier een welvend keileemlandschap achter met een netwerk van oppervlakkige smeltwatergeulen die onder de ijskap gevormd zijn. Net zoals het oppervlak van de keileem een golvend verloop heeft, varieert ook de dikte van het keileempakket: gemiddeld is de laag keileem 1 à 2,5 meter dik. De plaatsen Rolde en Schoonloo liggen op een rug die deel uitmaakt van het landschap dat het oostelijke deel van het Drentsche Aa-gebied bestrijkt. Het Hondsrugcomplex, een serie parallelle lineaire moreneruggen van keileem, zogenaamde megaflutes, is gevormd tijdens de vierde fase van de Saale-ijstijd door een met relatief hoge snelheid noordnoordwest-zuidzuidoost stromende gletsjertong (zie pagina 33). Naast de richting en het patroon valt op dat deze ruggen een vrij vlakke 'top' hebben. Ze zijn door het gewicht en de stroming van het ijs vervormd en afgevlakt tot een glooiende langwerpige vorm. Twee van de ruggen van het Hondsrugcomplex liggen prominent in het Drentsche Aa-gebied: de Hondsrug en de Rolderrug. In het noordwesten van het gebied vinden we nog twee keileemruggen met eenzelfde strekkingsrichting: de Rug van Tynaarlo en direct boven Assen begint de Rug van Zeijen.

In de Rolderrug is de laag keileem vaak niet dikker dan 2,5 meter. Dikkere keileempakketten komen plaatselijk voor in de Rug van Tynaarlo en in de Hondsrug. Tussen Gasselte en Annen en ten noorden van Zuidlaren zijn zelfs keileemdiktes van tien meter vastgesteld. In het gebied tussen de keileemruggen, maar bijvoorbeeld ook op de Zuides van Gasteren ontbreekt keileem vrijwel geheel en dagzomen de afzettingen uit het Elsterien. We nemen aan dat in dit gebied tijdens de eerste fasen van de landijsbedekking in

het Saalien ook keileem is afgezet. Dat is verdwenen door de flutes-vorming of de intense smeltwaterstromen onder het landijs. Na het afsmelten van het landijs blijft een smeltwatererosielandschap achter met een netwerk van ondiepe smeltwatergeulen, lage ruggen en plateau-achtige vormen die de algemene helling naar de Noordzee volgen. Onderzoekers gaan ervan uit dat de initiële dalstructuur van de Drentsche Aa is gevormd tijdens de overgang van het Saalien en het Eemien omdat we geen smeltwaterafzettingen in de dalen zien die duiden op sterke erosie door smeltwater.⁷⁸ Doordat keileem is verdwenen komen potklei en Peelozand, het fijne witte zand met veel glimmers, hier veelvuldig aan het maaiveld voor. Potklei treffen we vooral aan tussen Anderen en Gasteren.

Ook de zogenaamde droogdalen zijn ontstaan in het Weichselien als de ondergrond (permanent) bevroren is. Het afstromende smeltwater vormt erosiegeulen, die later deels weer opgevuld zijn met hellingmateriaal dat naar beneden glijdt als de zon op de helling schijnt (solifluctie). Zo krijgt het dal een asymmetrische vorm. Na het verdwijnen van de permafrost is de ondergrond weer doorlatend en verliezen deze smeltwaterdalen hun watervoerende functie. Daarom heten ze droogdalen.⁷⁹ Droogdalen zijn vooral daar gevormd waar sprake is van veel reliëf, omdat het water daar voldoende kon afstromen en dus voldoende kracht ontwikkelde om materiaal te verspoelen. Daarom komen ze in het Drentsche Aa-gebied voor aan weerszijden van de Rolderrug en aan westelijke kant van de Hondsrug, bijvoorbeeld bij het Eexterveld. Voor de fraaiste reeks droogdalen in Drenthe moeten we een uitstapje maken buiten het Drentsche Aa-gebied. Die zijn namelijk te vinden aan de oostzijde van de Hondsrug, vooral in het zuidelijke deel tussen Emmerschans en Exloo. De Besloten Venen bij Noordlaren is een bijzonder droogdal. De Drentsche Aa stroomt daar tot in het Laat-Weichselien richting Hunze maar wordt in het Jonge Dryas door inwaaiend zand gedwongen noordwaarts een nieuwe bedding te zoeken.⁸⁰

In het zuiden van het Drentsche Aa-gebied vinden we op de kaart van het natuurlijke landschap ook een reeks keileemruggen met een oost-west oriëntatie. De hoge plekken op het keileemplateau vallen samen met de zoutruggen en koepels in de diepe ondergrond van Hooghalen en Schoonloo en zijn door opheffing van het aardoppervlak gevormd. Bij Schoonloo is door dit mechanisme van zouttektoniek een lage heuvel van grofzandige rivierafzettingen uit het Vroeg-Pleistoceen ontstaan. Deze reeks van ruggen vormt de waterscheiding tussen het stroomgebied van de Drentsche Aa en andere naar het zuiden en zuidwesten van het Drents plateau afvoerende stroomgebieden, zoals dat van de Beilerstroom en de Aalderstroom.

Op een beperkt aantal plaatsen in en buiten het smeltwatererosielandschap liggen geïsoleerde, grofzandige heuvels. Eén daarvan is de Houtesch bij Amen. Bovenop de heuvel ligt een laag grof ongesorteerd zand op een ondergrond van keizand en keileem die vooral in de flank van de heuvel dagzoomt. Dit grove materiaal is waarschijnlijk afgezet tijdens smeltwaterafvoer in het landijs. Deze markante plek is op de kaart als smeltwaterrestheuvel terug te vinden.

Beekdallandschap

De beekdalen in het stroomgebied van de Drentsche Aa lopen als aderen door het landschap. Op het eerste gezicht lijkt het patroon op een regelmatig stroomopwaarts vertakkend stelsel met twee hoofdtakken: het dal van het Taarlosche Diep aan de westzijde en aan de oostzijde dat van het Gastersche Diep.

Kijken we nauwkeuriger dan zien we een bijzonder patroon van dalen met splitsingen en samenvloeiingen. Een sprekend voorbeeld daarvan is de splitsing van het beekdal bij Loon. Bij Zeegse voegen beide takken zich weer samen. Eenzelfde patroon zien we ten westen van Deurze en verder stroomopwaarts in het Geelbroek. Ook in de oostelijke tak van de Drentsche Aa zien we dit dalpatroon bij herhaling voorkomen. Een van de meest markante voorbeelden daar is de afsplitsing van het dal bij Gasteren, waarbij een van de dalen doorloopt onder de Gastersche duinen om bij Schipborg weer in de hoofdtak uit te komen. Hoe is dit systeem ontstaan?

We beschreven al dat na het afsmelten van het landijs aan het einde van het Saalien een onregelmatig netwerk van ondiepe smeltwatergeulen achterbleef. Deze netwerkstructuur vormt het aangrijpingspunt voor de dalvorming in de ijstijd die daarop volgt, het Weichselien. De splitsingen in het huidige dalsysteem reflecteren nog een deel van deze oude netwerkstructuur. In het Weichselien reikt het landijs tot Noord-Duitsland en Midden-Denemarken. Voor het ijsfront wisselen extreme koude en warmere perioden elkaar af. Tijdens relatief warme perioden ontdooien de sneeuw en de bovengrond. Doordat het vrijkomende smeltwater door de diepe permafrost aanvankelijk niet in de bodem kan wegzakken, stroomt het smeltwater oppervlakkig af en volgt daarbij de laagtes in het landschap. Door de lage stand van de zeespiegel in het Noordzeebekken en het opheffen van het aardoppervlak voor het ijsfront snijden dalen zich diep in de ondergrond in. Na deze fase van insnijding ontdooit de bovengrond verder en worden de diep ingesneden dalen weer grotendeels opgevuld met zand en fijn grind van lokale oorsprong.

Er zijn vermoedelijk twee insnijdingsfasen geweest in het Weichselien. De eerste fase van diepe insnijding vindt plaats aan het begin van het Pleniglaciaal. Uit de gegevens die we nu hebben leiden we af dat de tweede fase van diepe dal-insnijdingen dateert uit een relatief warme periode aan het einde van het Weichselien – vermoedelijk het Bølling/Allerød interstadiaal. In het genetische dwarsprofiel door het dal van het Loonerdiep op pagina 74-75 zijn de twee insnijdingen te zien.

Dekzandlandschap

We schreven al dat dekzanden zijn afgezet tijdens stormen in koude perioden van het Weichselien. Deze dekzanden zijn niet alleen als een deken over Drenthe uitgespreid, de natuur boetseerde er ook een rijke schakering aan vormen van. In de beekdalen vertonen de afzettingen afwisselend de kenmerken van transport via de wind dan wel via stromend water. Geologen rekenen deze zanden tot de fluvioperiglaciale afzettingen, waarbij fluvio verwijst naar rivierafzettingen en periglaciaal naar koude omstandigheden in de omgeving van een landijskap.



Als het koud en droog is wordt dekzand vooral vlak afgezet. Maar soms ontstaan er duinen. In het Drentsche Aa-gebied zijn zulke duinen nog steeds zichtbaar, bijvoorbeeld in Gasteren en het Noordlaarderbos. Duinen worden niet zomaar overal gevormd, ze grijpen aan op bestaande knikken in het landschap, zoals dalranden en glaciale ruggen, maar ook op vegetatie. Een van de meest kenmerkende vormen van dekzandduinen zijn de paraboolduinen. Die worden onder invloed van vegetatie gevormd. Paraboolduinen zijn gevormd in perioden als het klimaat voldoende droog is, maar ook nat en warm genoeg voor enige plantengroei. Langs de randen van een duin is de bodem vochtiger dan op de top. De rand raakt begroeid en remt zo het verstuivingsproces. De top is echter droog en stuift uit, waardoor de paraboolvorm ontstaat: een hoefijzervorm waarbij de armen tegen de wind in liggen. Uit de richting van de armen kunnen we dan ook de windrichting reconstrueren. Vaak vinden we meer paraboolduinen dicht bij elkaar.

Om beter zicht te krijgen op de landschapsvormende patronen en processen is op de losse kaart achterin de dunne laag dekzand weggelaten. Die ligt vrijwel overal in het Drentsche Aa-gebied en volgt grotendeels het reliëf van het onderliggende glaciale landschap. Wel zijn de dekzandduinen weergegeven. Met de plek van die duinen zien we ook de landschappelijke aangrijpingspunten waarnaar het zand zich is gaan vormen. Zo liggen tegen de westflank van de Rolderrug naast elkaar een aantal dekzandduinen met een paraboolstructuur. Op de westflank van de Hondsrug herhaalt zich dat patroon. Verder komen op de flanken van de keileemruggen tussen Hooghalen en Schoonloo veel dekzandduinen voor. Ook pingoruïnes kunnen een aangrijpingspunt vormen voor het zand. Vrijwel



Het Drouwenerzand is een stuifzandcomplex dat is ontstaan door overexploitatie van het heidegebied en een intensief gebruikte verkeersroute over de Hondsrug. De begroeiing is verdwenen waardoor de wind vrij spel kreeg.

overal op de kaart zien we groepen pingoruïnes die omsloten zijn door dekzandduinen – al is het in het veld moeilijk om de randwal van de pingo en het duin van elkaar te scheiden. Tenslotte fungeren ook de beekdalen als ‘zandvangers’. Op de ‘dalschouder’ komen parallel aan de beekloop series lage ruggen voor.

Het zand – zowel de deken als de duinen – heeft een groot stempel gedrukt op het huidige beekdal. Zo ging het bijvoorbeeld bij de Gasterse Duinen, waar het beekdal met dekzand dichtstoof en de beek gedwongen werd haar loop te verleggen. Ook zouttektoniek kan een rol spelen bij het verschuiven van de beekloop.

Stuifzandlandschap

We hebben het nu gehad over dekzanden en stuifduinen uit het Weichselien. Maar er zijn ook nog recente stuifzanden. Omdat die van nature in Drenthe niet voorkomen, horen ze strikt genomen niet thuis in dit eerste hoofdstuk. Ze zijn namelijk pas later door toedoen van de mens ontstaan. Maar om toch een compleet beeld te geven van de landschappen die door aardkundige processen zijn gevormd, worden ze hier kort toegelicht.

Stuifzand is in principe dekzand dat na intensief gebruik van het gebied door de mens is gaan verstuiwen. Deze zogenaamde *drift sands* komen voor vanaf het Neolithicum toen de mens zich is gaan laten gelden. Maar we vinden ze met name vanaf de Late Middeleeuwen als de mens intensiever gebruik gaat maken van het landschap – en er soms sprake is van rooibouw. We hebben het dan over intensieve vormen van beweiding, het steken van plaggen, intensieve betreding en verstuiwing nabij karrensporen.

De zogenaamde *sandbelt* die door menselijk overgebruik ging stuiven strekte zich van de Noordwest-Europese laagvlakte uit tot in Polen en oostelijker.⁶⁰ De hoge en lage stuifzandduinen en stuifzandvlaktes liggen vaak in de buurt van de esdorpen. Daarnaast vinden we stuifzandgebieden langs de historische handelsroutes over de Hondsrug en de Rolderrug.

Stuifzandcomplexen zijn te herkennen aan de uitgesproken hoogteverschillen op korte afstand, vergelijkbaar met die in de huidige duinen langs het Noordzeestrand. Dit reliëf is duidelijk anders dan dat van de glooiende dekzandafzettingen uit het Weichselien. Dat heeft te maken met het klimaat en de vegetatie. In het huidige klimaat wordt stuivend zand lokaal ingevangen door de welige plantengroei. Daardoor heeft ons landschap wat steilere hellingen en kleinere duinen.

Eén van de grotere recente stuifzandcomplexen ligt ten oosten van Zeegse, de Zeegserduinen. Stuifzandduinen en stuifzandvlakten komen altijd in combinatie met elkaar voor. Vaak heeft reliëfomkering plaatsgevonden en zijn hoge dekzandruggen uitgestoven tot op het keileem, de potklei of grovere afzettingen in de Formatie van Peelo en zijn nieuwe stuifduinen gevormd. Ook zijn de randwallen van pingoruïnes lokaal verstoven en zijn smeltwaterdalen met stuifzand volgestoven en geblokkeerd geraakt. Het kenmerk van stuifzandgronden is dat een goed ontwikkeld bodemprofiel ontbreekt. Soms ligt onder het stuifzand nog een fossiel bodemprofiel begraven.